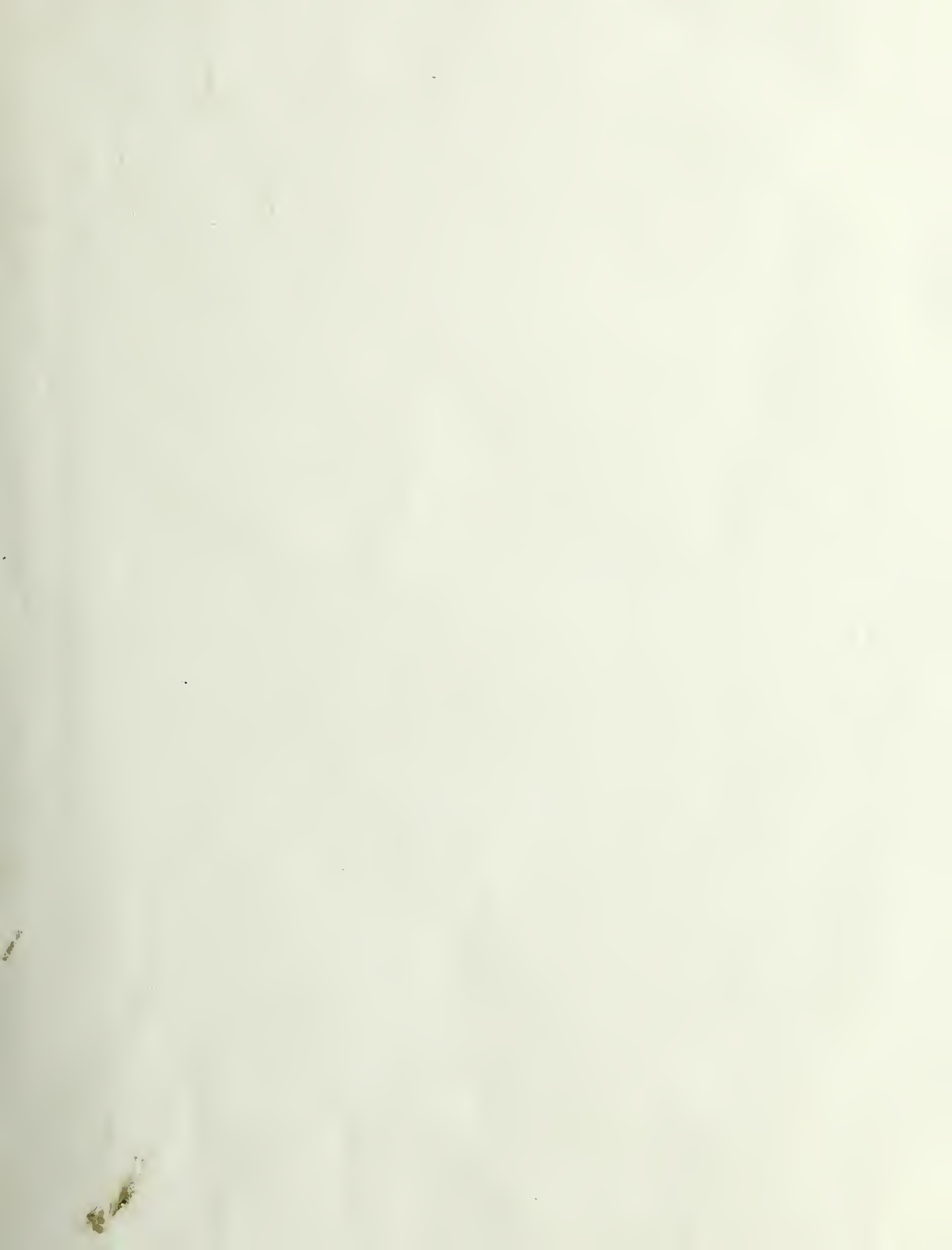


ÜBER DEN

GELENKSBAU BEI DEN ARTHROZOEN.

VIERTER BEITRAG

ZUR VERGLEICHENDEN ANATOMIE UND MECHANIK DER GELENKE.

VON

Dr. KARL LANGER,

CORRESPONDIRENDEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MIT III TAFELN.

BESONDERS ABGEDRUCKT AUS DEM XVIII. BANDE DER DENKSCHRIFTEN DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

(VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 14. OCTOBER 1858.)

WIEN.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1860.

ÜBER

DEN GELENKSBAU BEI DEN ARTHROZOEN.

VIERTER BEITRAG

ZUR VERGLEICHENDEN ANATOMIE UND MECHANIK DER GELENKE.

VON

DR. KARL LANGER,

CORRESPONDIRENDEM MITGLIEDE DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

(Mit 3 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 14. OCTOBER 1858.

Dadurch, dass die Hartttheile an die Peripherie des Leibes verlegt sind, gestaltet sich bei den Arthrozoen die Form und Gruppirung der beim Gelenksbaue verwendeten Skeletstücke wesentlich abweichend von der bei den Wirbelthieren gewöhnlichen Weise. Ich glaubte meine Untersuchungen über den Bau der Gelenke auch nach dieser Richtung hin ausdehnen zu sollen, da darüber, meines Wissens, mit Ausnahme etwa einzelner Daten, noch keine genaueren übersichtlichen Berichte vorliegen. Straus-Durkheim's Abhandlung über die Anatomie des Maikäfers berücksichtiget bei der Beschreibung der einzelnen Skeletstücke wohl auch die Gelenksverbindungen, weist aber eben nur auf die Verbindungsstellen hin, ohne die Formen der Gleitflächen, und selbst die der Skeletstücke genauer zu bestimmen, sie mit den Bewegungsverhältnissen in Zusammenhang zu bringen, und das gegenseitig Bedingende von Gestalt und Beweglichkeit hervorzuheben. Burmeister hat die Gelenke schon etwas genauer unterschieden, ohne dass auch er in die Formen näher eingegangen und sie mit dem Mechanismus in Verbindung gebracht hätte.

Bei den Wirbelthieren, deren Skelet in das Innere des Leibes, von Muskelmassen bedeckt, eingetragen ist, bildet jedes Skeletstück ein allseitig geschlossenes Ganze. Die Knochen kehren sich nur Flächen zu. Die Drehungsaxen oder Drehungsmittelpunkte der Bewegung sind zugleich die Axen oder Mittelpunkte der die Knochen abschliessenden und aneinander gleitenden Gelenkflächen. Da die Continuität der weichen Leibesmassen über dem

Skelete stattfindet, so sind die zwischen den freien Gelenkflächen liegenden Gelenkräume hermetisch verschlossen und stehen in keiner Communication mit der Aussenwelt.

Bei den Arthrozoen dagegen ist das Skelet die Hülle der Weichtheile und die einzelnen Skeletstücke bilden offene Ringe oder Röhren, durch deren Öffnungen die Weichtheile ohne Unterbrechung zusammenhängen. Die Skeletstücke kehren sich nur Öffnungen zu, und stehen meist nur im Bereiche der Ränder in Punkten oder Linien im Contacte. Wenn aber durch Einbiegen der Ränder der Contact zweier Skeletstücke zum Flächencontacte wird, so ist der Contact doch stets nur ein peripherischer, central durch die Weichtheile unterbrochen. Bilden sich an den umgebogenen Rändern Kugelflächen aus, so sind die Segmente stets nur ringförmig. Wenn bei einaxigen Gelenken durch Umlegen der Ränder Flächencontact stattfindet, sich daher Gleitflächen ausbilden, so zerfällt das mechanisch als Einheit aufzufassende Gelenk, von den Weichtheilen im Innern getheilt, stets in zwei anatomisch geschiedene Gelenke, die an den Enden der Drehungsaxe, in und um die fixen axialen Berührungspunkte vertheilt, liegen. Nur selten, und nur bei hoch entwickelten Formen, kömmt es bei den Arthrozoen zu Walzengelenken, wo dann die Drehungaxe zugleich die geometrische Axe des Gliedes ist. Wie bei den Wirbelthieren der Umfang der Walze unterbrochen wird durch die Verbindung derselben mit einer Diaphyse, so wird hier eine solche Walze unterbrochen sein durch die Öffnung für den Durchtritt der Weichtheile.

Nur ausnahmsweise sind die Gelenkflächen bei Wirbelthieren central unterbrochen, z. B. am Schenkelkopfe der Säugethiere durch das *Ligamentum teres*, und selbst da lässt es sich noch nachweisen, dass das Band kein Binnengebilde, sondern ein extra Cavum entstandenes ist. Ebenfalls nur ausnahmsweise sind bei Wirbelthieren mechanisch zusammengehörige Gelenke anatomisch geschieden und zwar meist nur solche, die an unpaaren symmetrisch gebauten Skeletstücken vorkommen, z. B. die Kiefergelenke, die Wirbelgelenke; der Fall, dass anatomisch als Einheit sich darstellende Gelenke mechanisch in zwei oder mehrere sich spalten, ist häufiger, z. B. die Ellbogengelenke mit frei beweglichem Radius.

Die Räume zwischen den Gelenkflächen sind bei Arthrozoen der Luft und dem Wasser zugänglich.

Die Durchsicht der folgenden Beschreibungen wird ergeben, dass die Grundlage der Gelenkbildung bei den Arthrozoen die Faltenbildung des festen Integumentes ist, dessen freie Ränder durch weiches Integument, sogenannte Gelenkshäute verbunden werden.

Ich beabsichtige keine nach zoologischen Gruppen geordnete Beschreibung der einzelnen Gelenke, sondern nur eine genauere Schilderung der Gelenke bei einigen Thierformen mit Angabe von Varianten; ich wünsche nur den Typus im Gelenksbaue festzustellen, und beschränkte daher meine Untersuchungen nur auf ein kleines Materiale, das aber genauer durchgesehen wurde.

Auf Krebse und grössere Käfer habe ich zunächst meine Aufmerksamkeit gerichtet. Grosse Objecte haben sich für die Untersuchung vor allen empfohlen.

Die einfachsten Formen der Gelenksbildung fand ich bei den **Crustaceen**; ich untersuchte sie genauer bei *Astacus* und *Hommarus* unter den Macruren; bei den Brachyuren finden sich einige Modificationen, die ich mit Berücksichtigung anderer Genera speciell von *Maja Squinado* beschreiben werde. Schliesslich ist auch der Gelenksbau von *Squilla* berücksichtiget worden.

Betreffs der Bezeichnung der einzelnen Skeletstücke verweise ich auf die von M. Edwards vorgeschlagene Terminologie derselben. *(Annales des Sciences nat. 1851, XVI, pag. 221.)* Siehe Fig. 9 die Bezeichnung der Glieder eines Scherenbeines von *Astacus fluviatilis.*

Alle Gelenke, die ich bis jetzt an Krebsen zu beobachten Gelegenheit hatte, mag ihre Einrichtung wie immer sein, sind durchwegs Charniere, deren Drehungsaxen meist in den längeren Durchmesser der Öffnung der Glieder fallen und gegen die Symmetrieebene des Leibes und die Längsrichtung eines Anhanges, z. B. Beines, in verschiedenen Winkeln gelegt sind, gegen einander bald parallel, bald verschieden geneigt stehen. Kugelgelenke mit vollkommen freier Beweglichkeit eines Gliedes habe ich bei den Krebsen nicht gefunden.

Denkt man sich den Leib oder das Bein eines Krebses durchwegs als eine feste Röhre, so wird, wenn sie in Glieder (Ringe) zerfällt und diese gegen einander im Charniere beweglich sein sollen, eine Gelenksbildung auf zweifache Weise zu Stande kommen können.

1. Wenn die mehr weniger walzenförmige Röhre gegen die imaginäre Drehungsaxe hin sich abplattet, die harte Röhre entlang der Axe unterbrochen und durch weiche Hautstücke ersetzt wird. Diese weichen Hautstücke als Continua der festen Röhre, den Entomologen unter dem Namen Gelenkshäute bekannt, werden beiderseits nur kurz sein, und schon eine hinreichende Excursionsfähigkeit ermöglichen, wenn die Abplattung hinreichend, so zu sagen rein axial ist. Natürlich würde dann die Communication zwischen den beiden Gliedern bis auf einen linearen Spalt sich verengern. Dieser, in der Wirklichkeit kaum strenge ausführbaren Form nahe steht die bewegliche Verbindung, welche zwischen Ischio- und Méropodite, *P3* und *P4*, am ersten Scherenbeine des Krebses und Hummers vorkömmt. Doch ist nur die innere Wand des Rohres abgeflacht, mit linearen Rändern der beiden Glieder; die äussere Wand ist aber mehr gebuchtet, ihre Gelenkshaut daher immer länger (um der Excursion nachgeben zu können), je mehr von dem Axenende entfernt an den Rändern der gebuchteten Wand sie sich befestiget; sie bildet eine biconvex begrenzte, je nach der Grösse der Bucht schmale oder breite Membran.

Da die Drehungsaxe dieses Charnieres zwischen die linearen Ränder der inneren Wand fällt, so ist die Gelenkshaut hier nur ein schmaler Streifen, der bei keiner Stellung des Gelenkes erschlafft, und die Verbindung hinlänglich sichert. Der Querschnitt des Beines im Gelenke hat eine lineal-convexe Form. Es entspricht dieses Charnier der, von Burmeister „Klappenverbindung“ genannten Gelenksform.

Bei den Brachyuren fällt diese Verbindung als Gelenk aus, wie bei *Eriphia*, indem die beiden Glieder mit einander verwachsen. Das Bein zeigt auch an dieser Stelle nicht mehr die vorhin bemerkte Abplattung.

2. Die zweite Form von Gelenken mit grösserer oder geringerer Vollkommenheit, ja bis zur Entstehung von Gleitflächen tritt da auf, wo die Skeletröhre nicht abgeflacht wird, und die beiden beweglich verbundenen Glieder grosse Öffnungen einander zukehren. In diesem Falle müssen in der Excursionsrichtung keilförmige Ausschnitte an den Gliedern angebracht

sein, die durch weiche Gelenkshaut ersetzt werden. Die Winkel des Ausschnittes müssen mit dem Excursionswinkel des Gelenkes übereinstimmen, wenn sich nicht das eine Glied im Maximo der Excursion in die Öffnung des anderen hineinlegt. Ich nenne diese Ausschnitte Achselausschnitte.

Bei der durch die Bewegung (Beugung)[1]) hervorgebrachten Knickung des Körpertheiles wird sich die Gelenkshaut in dem Achselausschnitte in quere Falten zusammenlegen und die Glieder werden sich im Maximo der Excursion mit Flächen berühren. Diese Flächen werde ich Achselflächen heissen. An der der Bewegung entgegengesetzten Seite (Streckseite) sind die freien Ränder der beiden Glieder ebenfalls durch eine faltbare Gelenkshaut vereiniget, welche bei der Beugung sich entfaltet und spannt.

Mit diesen faltbaren Gelenkshäuten vereiniget, befestigen sich an den freien Rändern der Glieder die verkalkten Sehnen der Muskeln. Die Lagen der Sehnen sind schon äusserlich kenntlich an einer queren Falte der Gelenkshaut, die auch dann nicht ausgeglichen wird, wenn sie im Maximo gespannt ist. Die Verschmelzung der Sehnen mit der Gelenkshaut hat den Vortheil, dass die gefalteten Gelenkshäute stets in das Innere der Röhre des Gliedes hineingezogen werden.

Meistens ist die Mündung des einen Gliedes weiter geöffnet als die des anderen, die Glieder also mehr trichterförmig gestaltet. Die Basen dieser Trichter sehen immer der Peripherie zu.

Da die Wandungen der Skeletröhren dünn sind, so berühren sich die Glieder nur in wenig Punkten, nämlich an den Axenenden und die Festigkeit des Zusammenhanges würde nur auf jenen wenigen Fasern der Gelenkshaut beruhen, welche im Bereiche der Axenenden, also in fixen Punkten die Glieder vereinigen. Um die Berührungspunkte dieser axial befestigten Partie der Gelenkshaut möglichst zu vergrössern, haben alle Gelenke dieser zweiten Art in der Richtung der Axe beiderseits schnabelartig vorspringende Falten der Skeletröhre. Die Falten des central liegenden Gliedes sind mehr geöffnet, so dass die Falten des peripherischen Gliedes sich in den Faltungswinkel desselben einlagern können.

Es ist einsichtlich, dass je spitziger der Winkel dieser Falten und je länger die Falten sind, ein um so grösserer Theil der Gelenkshaut der Drehungsaxe näher befestiget sein kann, daher keinem Wechsel in seiner Spannung unterliegen, und die Verbindung beider Glieder unbeschadet der Excursionsfähigkeit des Gelenkes desto gesicherter sein wird. Ist der Faltungswinkel aber mehr geöffnet, so stellt sich die eine Seite der Falte rein axial ein.

In der geschilderten Weise sind die meisten Gelenke an den Beinen höherer Krebse, so bei *Astacus* gebaut. Diese Form ist, so zu sagen, die Grundform selbst der vollkommeneren Gelenksapparate dieser Thiere.

Ein Bild eines schon vollkommeneren Gelenkes dieser Art gibt das in Fig. 1 abgebildete Gelenk zwischen Méropodite und Carpopodite (*P 4* und *P 5*) von *Maja Squinado.* Die äusserlich bemerkbaren axialen Falten von *P 5* ruhen scheinbar wie Zapfen in den weiter geöffneten Falten des *P 4* eingelagert. Die Lefzen beider Falten krümmen sich kegelartig,

---

[1]) Ich nenne übereinstimmend mit dem Sprachgebrauch Beugung jene Bewegung, welche die Glieder (Knochen) in immer kleiner werdenden Winkeln einander gegenüber stellt, daher zur Verkürzung des Leibestheiles (Extremität) führt; Streckung dagegen jene Bewegung, durch welche ein Leibestheil verlängert wird. Am Beine des Menschen ist daher die Plantarexcursion des Fusses eine Streckbewegung, die Dorsalexcursion eine Beugebewegung.

und da sie im Flächencontacte stehen, so bildet die Falte von *P 5* beugewärts ein Stück convexer Rolle, der sich die innere Wand der Falte von *P 4* als concave Gleitfläche gegenüber stellt (bei Fig. 1). Wird das Gelenk geöffnet, wie in Fig. 2, so überzeugt man sich, dass der axiale Fortsatz von *P 5* kein allseitig begrenzter Zapfen, sondern nur eine hohle Falte ist; zugleich bemerkt man, dass die Falten mit einer Lefze ins Innere des Rohres hineinragen und einen Balken bilden, der die Öffnung des Gliedes wie eine Scheidewand in zwei Abtheilungen trennt. Durch die kleinere Abtheilung geht der Streckmuskelapparat, durch die grössere der Beugeapparat. Die Faltung ist also doppelt mit zwei Faltungswinkeln, deren einer einwärts, der andere auswärts gerichtet ist; letzterer ist äusserlich nur durch eine lineare Furche angedeutet. Der durch die doppelte Faltung innen erzeugte Balken gibt natürlich genau die Lage der Drehungsaxe an. Die axialen Ansätze der Gelenkshaut haben sich dadurch vermehrt und die Gelenksverbindung an Festigkeit gewonnen. Siehe in Fig. 2 *A* die axialen Balken des *P 4* und *B* die Balken des *P 5*. Mit *aa'* und *bb'* sind die entsprechenden Berührungspunkte der Axenenden bezeichnet.

Solche innere Falten treten rudimentär auch bei *Astacus* an einzelnen Gelenken der Beine auf; wo sie vorkommen, sind sie äusserlich schon durch eine feine Nath als Andeutung des Faltenwinkels kenntlich.

An den Rändern der Falten befestigen sich die Gelenkshäute, in den Zeichnungen als Säume hervorgehoben. Durchschnitte dieser Gelenke, senkrecht auf die Axe geführt, geben Aufklärung über die Ansätze, Verlaufsweise und Faltenbildung der Gelenkshäute.

Dasselbe Gelenk zwischen *P 4* und *P 5* von *Eriphia* hat keinen inneren axialen Balken. Das Gelenk zwischen Coxopodite und Basipodite (*P 1* und *P 2*) von *Maja* ist wieder mit einem solchen Balken versehen.

So sehr es äusserlich den Anschein hatte, so ergab dennoch die Zerlegung des Gelenkes, dass bei diesem Charniere keine axialen, in einem Lager laufenden Zapfen vorkommen. Die axial vorspringenden Falten werden erst dann wahre Zapfen bilden, wenn sie entweder im vollen Umfange, oder doch unterhalb der Drehungsaxe geschlossen und mit geglätteten Gelenkflächen versehen sind; diese werden dann in kleinen, ihnen gegenüber gestellten concaven Grübchen des anderen Gliedes sich einlagern.

3. Die Zapfencharniere, nur eine Modification der zweiten Gelenksform, sind bei den Krebsen, mehr oder weniger vollkommen ausgeführt, nicht selten zu treffen. Beispiele der einfachsten Art bieten die beweglichen Verbindungen der Abdominalringe von *Hommarus*.

Die Ringe haben ebenfalls beiderseits axial eine kleine faltenartige Ausbuchtung, die aber nicht die Öffnung, sondern die Fläche dem anderen Ringe gegenüberstellt. Der vordere Ring kehrt die convexe Fläche heraus, der hintere trägt das concave Grübchen; beide sind geglättet und natürlich in sagittaler Richtung kreisförmig gebogen. Wegen des kleinen Radius der Flächen, ihrer Nähe an der Drehungsaxe ist die gleitende Verschiebung beider Flächen natürlich nur unbedeutend.

Die Achselausschnitte der Ringe sehen nach abwärts in der Richtung der Beuge-Excursion. Die oberen Halbringe bilden bekanntlich einen ganz geschlossenen Panzer. Die nach vorne verlängerten Platten der hinteren Ringe schieben sich bei der Streckung in die etwas erweiterten Halbringe der vorderen Glieder hinein.

Die Faltenbildung des harten Integumentes behufs der Gliederung des Leibes ist in diesem Falle ganz ersichtlich. Straus-Durkheim nennt diese Gelenksverbindung *Articulation*

écailleuse. Burmeister weist darauf hin, wie dieses Ineinanderschieben der Abdominalringe bei Insecten die Verlängerung und eine Erweiterung des Leibes bedingt; beides ist natürlich nur dann möglich, wenn die Faltenbildung gleichförmig rund herumläuft und die Ringe nicht in fixen axialen Punkten articuliren. Die Verlängerung des Leibes geschieht eben durch das Ausglätten der Falten.

Während das Gleiten im Gelenke der Bauchringe nur ein geringes ist, geschieht die Excursion der oberen sich deckenden Halbringe mit grösserem Radius, daher die gleitende Verschiebung derselben über einander im grösseren Umfange stattfinden wird. Die eingeschlagene Gelenkshaut bildet die Pfanne für die convexe, glatt zugeschliffene Fläche des sich einschiebenden hinteren Ringes.

Hier muss einer Vorrichtung gedacht werden, welche die von aussen zugängliche (Gelenk-) Höhle zwischen den Ringen nach Art eines Ventiles verschliesst und das Eindringen von Sand, überhaupt die Verschiebung beeinträchtigender Körper verhindert. Es ist dies ein am hinteren Rande des vorderen Ringes angebrachter Saum von steifen Haaren, die sich an die geglättete Oberfläche des einschiebbaren Ringes dicht anlegen und nach Art einer Bürste diese Fläche rein fegen. Diese Haarsäume finden sich an den Rändern aller Flächen, welche gleitend an anderen Theilen sich verschieben; wo bei Entfaltung der Glieder grössere Zwischenräume sich ergeben, sind die Haare länger und kreuzen sich vielfach nach Art eines Filzes.

Gelenke mit kleinen axenständigen unvollkommenen Zapfen, die in offenen Pfannen ruhen, sind auch die beweglichen Verbindungen des Wurzelgliedes der Beine mit dem Thorax.

Bekanntlich bildet das Trabecularskelet des Thorax bei den Dekapoden nach unten zwischen den einzelnen Leibesringen (Somites, *T*, Milne Edwards) fünf Öffnungen zur Aufnahme des ersten Gliedes (Coxopodite *P1*) der Beine (Fig. 8); die schief unter 45° gegen die Symmetrieebene des Leibes gestellten Durchmesser entsprechen den Drehungsaxen der Charniere. Die innere Gelenksverbindung fällt auf die von M. Edward's Endosternalplatten, *E S* genannten Stücke, die nach unten mit den medianen Sternalstücken (Sternites, *S*) zusammenhängen; ihr nach unten hervorragender Fortsatz trägt die kleine grubige Gelenkfläche *ESa* (branche arthrodiale). Die äussere vordere Gelenksverbindung fällt auf den Spaltungswinkel der Endopleuralplatten *(Ep)*. Mit *Epa* ist der vordere, mit *Epp* ihr hinterer Schenkel in Fig. 8 bezeichnet. Diese ebenfalls nur kleine Gelenksfläche ist ein in der Axenrichtung etwas verlängertes Knötchen. Beide Gelenkflächen fallen in die mit 1, 2, 3 bezeichnete Axenrichtung. Die Coxopoditeglieder der Beine tragen, diesen entsprechend, innen ein Knötchen, aussen ein Grübchen.

Auch das sogenannte Nagelglied der Krebsschere (Dactylopodite, *P 7*) ist in das vorletzte Glied (Propodite, *P 6*) bei *Hommarus* durch eine in ein Grübchen eingelagerte randständige Verdickung eingelenkt, wie der Durchschnitt der Schere Fig. 6 von innen besehen zeigt. Die Verbindung ist hier leicht zu lösen; bei *Maja*, *Eriphia* dagegen ist das Nagelglied in der verengten Öffnung des Handgliedes strenger eingefügt, so dass es nur, wenn der Rand ausgeweitet wird, entfernt werden kann.

Der axiale Zapfen ist bei dieser minder vollkommenen Form des Zapfencharnieres oft nichts weiter als eine Aufquellung des freien, in der Axenrichtung eingebogenen Randes, und die Pfanne nur eine axial gestellte Incisur des Integumentrandes: wahre, im ganzen

Umfange geschlossene, frei aus der Fläche hervorragende Zapfen fand ich nur bei den Brachyuren. So finde ich schon am Coxopoditegliede bei *Maja* zur Verbindung mit dem Thorax kurze abgerundete Spitzen, die in geschlossenen Grübchen eingezapft sind. Ein ganz vollkommenes Zapfengelenk findet sich aber bei *Maja* und *Eriphia*, wie es scheint, typisch für die Brachyuren, am Scherengelenke zwischen Carpopodite und Propodite (*P 5* und *P 6* nach M. Edward's; Carpe und Main nach Latraille).

Man bemerkt zunächst an diesem Gelenke, dass von beiden Gliedern über die Axe weg Fortsätze abgesendet und damit zwei Gabeln erzeugt werden, von denen die des *P 6* über die Zinken des *P 5* herübergreifen. Das Gelenk ist vollkommen symmetrisch geformt und eine Trennung der Glieder unmöglich ohne Abtragung der Fortsätze. Geschieht dies, so stösst man (Fig. 3 *A*) am Carpalgliede *(P 5)* beiderseits auf einen kurzen cylindrischen Zapfen, dessen freies Ende knopfförmig abgerundet ist und aus dem in der Bewegungsebene kreisförmig begrenzten Fortsatze axial hervorragt. Er erhebt sich aber nicht frei über die Wand des Gliedes, sondern liegt in der Grube einer lateralen Bucht des Integumentes. Die Fortsätze des Propoditegliedes Fig. 3 *B*, gegen den Fortsatz von *P 3* abgeflacht, tragen Grübchen, deren Grund dem Knopfe am Zapfen entsprechend erweitert ist. Es genügt daher nicht, um das Gelenk zu lösen, dasselbe durch einen Schnitt senkrecht auf die Axe zu theilen, es muss oft der Fortsatz des *P 6* mit dem Grübchen zerbrochen werden, um eine Ansicht des unversehrten Zapfens zu bekommen.

Aus der Zeichnung (Fig 3 *A* und *B*) ist an den Säumen der Ansatz der Gelenkshaut zu entnehmen. Man sieht, dass sie central am Fortsatze des *P 5* sich anheftet, und von da an gegen die Symmetrieebene immer breiter wird, um den Bewegungsexcursionen nachgeben zu können. Die Zapfen sind, an der Basis wenigstens, hohl und erweisen sich dadurch auch nur als Buchten, d. i. geschlossene Falten des Integumentes.

In diesen Charnieren geht die Drehungsaxe natürlich genau central durch die Zapfen; es gibt aber auch noch Gelenke mit axenständigen Grübchen und Gelenksköpfchen, bei denen die Axen nicht central liegen, wo also die Köpfchen, genauer betrachtet, sich nur als Kugelabschnitte oder Ringsegmente erweisen, deren Schnittfläche in die Richtung, nicht aber quer auf die Axe fällt. Ein solches Gelenk haben die Mandibeln von *Hommarus* (Protognathes, *1 M*, nach M. Edward's). Ihre Axen sind ebenfalls in einem Winkel von 45° gegen die Symmetrieebene, und von 90° gegen einander, aber mit nach hinten gerichteter Winkelöffnung gestellt.

Das hintere schmale Ende des halbkegelförmig gestalteten Kiefers trägt ein Grübchen, Fig. 7, in welches ein Gelenksköpfchen des Basilarstückes der Mandibeln (Coxognathite) einpasst. Das Basilarstück selbst ist seitlich am ersten Thoraxsegmente durch eine Bandfuge wenig beweglich befestiget.

Vorne articulirt der Kiefer mit dem verdickten Rande des Epistomes in einer kleinen, länglichen, axial gestellten Pfanne, die am Durchmesser seiner Basis sitzt. Da die Drehungsaxe des Gelenkes in den Radius der Kegelfläche des Kiefers fällt, so kann sie nur den Rand seiner hinteren Gelenkfläche berühren, und das eingepasste Köpfchen des Coxognathite nur Segment eines Ringes und kein kugeliges Köpfchen sein.

Die Pfanne am vorderen Ende erhebt sich mit ihren Lefzen über die Axe, welche daher hier central durchgeht. In demselben Radius, nämlich an dem äusseren Rande der Kieferöffnung, entsteht schief ein Fortsatz, an welchem der Erweiterer der Mundspalte befestiget ist.

Berücksichtiget man die Form der vorderen Gelenksfläche und ihr Verhältniss zur Drehungsaxe, deren hinteres Ende durch ein randständiges Höckerchen an der Pfanne erkennbar ist, so stellt es sich als sehr wahrscheinlich heraus, dass man es hier mit einem Schraubencharniere zu thun habe, dessen Ablenkung rechterseits rechtsläufig, linkerseits linksläufig ist, wie es das Schema Fig. 7 erläutert.

Das Kiefergelenk dürfte den Übergang bilden zur vierten bei Crustaceen vorkommenden Gelenksform:

4. Den Charnieren durch Einfalzung. Die scheinbaren axialen Gelenksköpfchen und Pfannen haben sich am Kiefergelenk als kleine Segmente von Ringen und Furchen erwiesen, deren Hauptkrümmung in die Bewegungsebene fällt. Denkt man sich diese an den Axenenden befindlichen Gleitflächen in grösserem Umfange bis zum halben Kreis oder noch mehr geschlossen, nicht dicht an der Axe, sondern mit grösserem Radius ausgeführt, so ergeben sich Verbindungen, wo die Glieder im Falze gleitend sich bewegen. Mittelst eines solchen Gelenkes ist die Schere in die Gabel des Carpopodite *(P 5)* bei *Hommarus* eingefügt. Die Drehungsaxe desselben geht durch die lateralen Fortsätze des Carpopodite; das Gelenk ist nicht symmetrisch gestaltet und ebenfalls schwer zu zerlegen.

An der äusseren (intensiver gefärbten) Seite trägt der Fortsatz des Carpopodite die Falzrinne in einem Bogen von etwa 225 Grad (Fig. 5 *B*). Central wird diese Rinne von einer Ringleiste begrenzt, die gegen die Axe wie gefaltet einsinket und da mit der weichen Gelenkshaut sich vereiniget. Die Falzleiste (Fig. 5 *A*) sitzt in einem Umfange von etwa 135° an der Seite des Scherengliedes *(P 6)*.

An der unteren (weniger gefärbten) Seite (Fig. 4 *A* u. *B*) trägt die Zinke des *P 5* die Falzleiste, und die Schere die Falzrinne, letztere ist central von einem Stück Ringwulst begrenzt, mit dessen concavem Rande wieder die Gelenkshaut verschmilzt.

Die Genauigkeit des Ganges und die Festigkeit des Gelenkes hängen hier hauptsächlich von der Strenge des Falzes ab. Die Fortsätze des *P 5*-Gliedes sind natürlich hohle, durch Umlegung des Integumentrandes entstandene Buchten; das äusserlich vom Scherengliede bemerkbare Relief ist von innen her als Vertiefung zu unterscheiden.

Auch an kleineren Exemplaren von *Hommarus* habe ich diese Falzrinnen und Leisten strenge ausgeführt wieder gefunden, nicht aber, selbst an grösseren Individuen von *Astacus fluviatilis;* die Falzleiste ist nur durch ein geglättetes Höckerchen, und die Rinne nur durch ein Grübchen angedeutet. In kleinerem Massstabe ausgeführt, trifft man die Einfalzung zweier Glieder auch im letzten Gelenke des Raubfusses bei *Squilla*, nur trägt das vorletzte Glied beiderseits die Leiste, und das letzte Glied beiderseits die Rinne. Auch die flossenförmigen Endglieder am letzten Beine der Schwimmkrabben sind in Falzcharnieren eingelenkt.

Diese Beispiele dürften genügen, um vom Gelenksbau bei den Crustaceen eine Vorstellung zu gewinnen. Die einfachste Form tritt mit blosser Faltenbildung in der Axenrichtung auf, sie wird vollkommen durch Vermehrung der fixen Punkte mit Entwickelung axialer Balken.

Die Festigkeit der Verbindung ist aber blos der Zähigkeit der axial befestigten Gelenkshaut übertragen, und eigentliche gleitende Gelenksflächen sind nur accessorisch an peripherischen Theilen zu finden. Diese treten streng geometrisch gestaltet und den Gang des Gelenkes bestimmend erst bei den Zapfen und Falzcharnieren auf.

Die Arretirung der Gelenke geschieht in beiden Fällen entweder durch Berührung der Glieder oder durch die Spannung der Gelenkshäute.

Da ich die Beweglichkeit der Beine bei den Krebsen erst am Schlusse dieser Abhandlung mit Berücksichtigung jener bei den Insecten zu besprechen gedenke, so bleibt hier nur darauf hinzuweisen, wie die Form der einzelnen Glieder, einerseits von der Adaptation an die Fläche des Cephalothorax, anderseits von der Lage der Drehungsaxen zur Längsrichtung der Glieder, von dem Mass und der Richtung der Excursion abhängig ist. Wie das Bein gebogen seine Glieder lagert, ob diese auf einander fallen oder parallel zu einander sich einstellen, hängt von der Situation der Drehungsaxen ab, und bedingt die Formen der Achselausschnitte und Achselflächen.

Im Allgemeinen haben die Beine der Dekapoden eine wie aufgewundene Gestalt, so dass ihre Flächen einfach oder doppelt in mehr oder weniger regelmässigen Windungen die Beine contouriren. An der Wurzel horizontal gestellt, legen sich die Flächen in die verticale Lage, um dann gegen den Mund wieder in den Horizont sich umzulegen. Diese Torsion verdankt das Bein hauptsächlich der Situation der Axen, die sich wendelförmig um die Längsrichtung des Beines anordnen, wie dies deutlicher die Hinterbeine zeigen, kann aber auch durch eine Torsion der Glieder selbst begründet sein, wie dies an der Wurzel des Scherenbeines zu sehen ist.

Wie bei den Krebsen die Bewegung aller Glieder ausschliesslich nur auf Charniergelenken beruht, so sind es auch bei den **Insecten** die Charniere, welche die interessanteste Ausbeute ergeben, weil sie zunächst die Locomotion des Thieres bedingen, überhaupt die Gebrauchsweise der Beine bestimmen. Die sogenannten freien Gelenke finde ich nur sehr selten in der Art gestaltet, dass sie diesen Namen wirklich verdienten, sie sind vielmehr meistens eben nur Modificationen der Charniere, da ihnen nur selten streng kugelig geformte Gelenksstücke zu Grunde liegen.

Das harte Integument empfahl vor Allem zuerst die **Käfer** der genaueren Durchsicht. Ohne die Gelenksformen Gruppe für Gruppe zu verfolgen, untersuchte ich eine grössere Anzahl von einheimischen Käfern, von denen ich vorzüglich jene bei der Beschreibung berücksichtigte, bei denen sich an das Vorkommen besonderer Apparate auch eigenthümliche Gelenksformen knüpfen. Von grossen exotischen Formen hatte ich ein männliches Exemplar von *Scarabaeus (Megalosoma) Typhon*, *Phanaeus ensifer*, *Buprestis gigantea* und *Calandra palmarum* zur freien Disposition.

An die Beschreibung des Gelenksbaues bei *Typhon* reihe ich die interessanteren Modificationen an, die ich bei anderen Käfern gefunden, und beginne mit dem Femorotibialcharniere.

Das Femorotibialcharnier ist bei *Scarabaeus Typhon* an allen drei Beinen ein genau symmetrisches Gelenk, dessen Axe rechtwinklig auf die Längsaxe des Femur und der Tibia gestellt ist und bei angezogenen Beinen senkrecht in den Horizont fällt; der Achselausschnitt an der Beugeseite des Gelenkes ist daher ebenfalls symmetrisch; die Achselfläche klein, beiderseits von zwei erhabenen Leisten begrenzt, durch welche die Drehungsaxe gelegt ist. Fig. 10 *A* das Femur, *B* die Tibia, *a'a* bezeichnet die Beugeseite des Gelenkes. Das Tibialende ist zwischen die beiden gablig vorspringenden Leisten der Achselfläche des Femur eingefalzt, streckwärts mit einem queren Einschnitte versehen, der im Maximo der Strecklage an die Gelenksöffnung des Femur sich anstemmt. Die beiden Leisten des Femur und die

gegenüberliegenden Seiten des Tibiahakens sind die Träger der Gleitflächen, ihre Formen entsprechen denen an der Schere von *Hommarus*, indem auch hier ringförmige Leisten in kreisförmigen Falzrinnen laufen. Die Leiste sitzt beiderseits an den Fortsätzen des Femur, die auch hier als Duplicaturen des Integumentes sich erweisen. Die Falzrinnen befinden sich an den Hakenenden der Tibia.

Die Falzleiste des Femur ist mehr als drei Viertheile im Kreise gebogen, gegen die Femurröhre im Winkel geöffnet; an den Schenkeln und im Centrum des Ringes, wo ein axiales Knöpfchen sich erhebt, ist die Gelenkshaut angeheftet. Zwischen dem centralen Knöpfchen und dem Ringe ist eine Kreisfurche. Da die Drehungsaxe an der Tibia scharf am Rande ihrer Öffnung vorbeigeht, so ist der Abklatsch der femoralen Gelenkflächen an ihren Seiten nur im Halbkreise ausgebildet, namentlich die Falzrinne. Das Segment eines inneren Ringes läuft in der inneren Furche des Schenkels; central gehöhlt nimmt es das axiale Knöpfchen des Femur auf. Die Differenz im Umfange beider Gelenksflächen ergibt den Excursionswinkel des Charnieres, der etwas über 90 Grad beträgt. Niveauunterschiede an den Enden der kreisförmigen Falzleiste des Femur sind nicht bemerkbar, wohl aber an dem durch straffen Gang und strenge Einfalzung ausgezeichneten Femorotibialgelenke von *Calandra palmarum* Fig. 12 *A* und *B*.

Die Drehungsaxe fällt hier mehr randständig auf die Fortsätze des Femur, so dass ein Theil des Kreisfalzes da ausfällt.

Axial erhebt sich in der Gelenksfläche des Schenkels bei *Calandra palmarum* ein halbkugeliger Zapfen mit einem centralen Umbo; die ihn umgebende Falzrinne ist von zwei winklich zusammenstossenden Flächen gebildet und peripherisch von einer freien, scharfen Randleiste etwas gedeckt.

Abgesehen von dem am Umschlagsrande ausfallenden Stücke der Rinne und Randleiste ist diese Gelenksfläche beinahe im vollen Kreisumfange entwickelt, nur ein schmaler, seitwärts auslaufender Spalt dringt bis zum centralen Umbo und bezeichnet den Ansatz der faltenförmig sich anheftenden Gelenkshaut. Dem Umbo entsprechend ist sie verdickt und bildet eine Art axiales Band, welches aber nicht, wie Burmeister (Entomologie, Bd. I, pag. 261) vermuthet, quer durch die Höhle des Schienbeins hindurchgeht, um sich am Umbo der andern Seite zu befestigen, sondern schon am Rande der centralen, den Schenkelkopf aufnehmenden Grube der Tibia endigt. Diese centrale Grube der Tibia ist beugewärts, nicht ganz im Halbkreise von einer schiefen, frei vorstehenden beilförmigen Leiste eingesäumt, die in der Falzrinne des Schenkels, bedeckt von ihrer freien Randleiste läuft. Wie die Falzrinne kantig vertieft, so ist die freie Fläche der Tibialleiste durch einen Kreisfirst getheilt. Wenn auch das Gelenk sagittal getheilt wird, so lassen sich doch die Hälften der beiden Glieder nicht von einander trennen, da die Leiste der Tibia durch die peripherische, einspringende Leiste des Femur streng eingefalzt wird.

Bei stärkeren Vergrösserungen ist an dem centralen Knopfe und der ihn umgebenden Rinne, längs der Ansatzspalte der Gelenkshaut, also an den Enden der Kreise ein Niveauunterschied deutlich zu bemerken; die Flächen steigen von der Beuge- nach der Streckseite an, und zwar beiderseits, so dass der Abstand der beiden unter einander symmetrischen Schenkelflächen, axial gemessen, von der Beuge- nach der Streckseite zu abnimmt. Es ist an der schraubigen Ascension beider Gelenkflächen nicht zu zweifeln; wegen der Symmetrie beider Hälften, also der gegenläufigen Windung, kann aber die Schraube offenbar nur ein Hemmungsapparat für die Extension sein.

Einfacher gestaltet sich wieder das Femorotibialcharnier bei *Phanaeus ensifer*, Fig. 11 *A*, *B*. Der Gelenksapparat besteht am Femur aus einem axialen Knopfe, dessen Umbo in eine Spalte der Schenkelduplicatur ausmündet; an der Tibia aus einer seitlichen, kugeligen Grube, in welcher der Schenkelknopf gleitet. Central hat die Grube einen Eindruck, der dem Umbo am Knopfe entspricht und der zweite axiale Ansatz der Gelenkshaut ist. Dass der Knopf selbst nur eine Bucht des umgeklappten Integumentes ist, ist hier ganz deutlich. Ein im Umbo gezeichnetes Bändchen ist der Rest der verdickten axial befestigten Gelenkshaut. Die Drehungsaxe geht nicht marginal an der Tibia vorbei, sondern durch ihre Wand selbst hindurch, wesshalb ihre Grube mehr als in den vorhin besprochenen Gelenken kreisförmig geschlossen ist. Eine Ascension der Gelenkflächen ist hier nicht deutlich zu unterscheiden.

Burmeister (l. c.) beschreibt die Verbindungsart bei einem Ginglymus so: Am Schienbeine zunächst eine Kreisfurche, dahinter eine kleinere concentrische Leiste und hinter dieser ein kreisrundes Grübchen; am Schenkel eine der Furche entsprechende Leiste, dahinter eine Furche und in der Mitte eine kleine Erhabenheit. Diese Beschreibung passt auf das bei *Sc. Typhon* vorkommende Gelenk.

Straus-Durkheim spricht nur von einem kleinen Condyl, der manchmal selbst eine kleine Höhlung zeigt, bestimmt, von einer kleinen Pfanne aufgenommen zu werden. Diese entspricht wieder der bei *Phanaeus* beschriebenen Form. Die von Rymer Jones (Animal Kingdom 1841, pag. 241) gegebene Charakteristik eines Ginglymus scheint ebenfalls dem Femorotibialcharniere eines grossen *Scarabaeus* entnommen zu sein; auch er findet am Schenkel eine halbkreisförmige Leiste, die an der Tibia einer Furche entspricht.

An diese symmetrische Charnierform reiht sich das etwas asymmetrische der Mandibeln an. Ich untersuchte dasselbe an einem männlichen *Lucanus cervus* und bei *Procrustes*.

Die vergrösserten Mandibeln von *Lucanus* tragen an den äusseren Winkeln der schiefgestellten Basalöffnung jederseits ein kleines dreieckiges, geglättetes Gelenksköpfchen, welches sich aber bei genauerer Betrachtung als kleines Segment einer Ringleiste und nicht als Kugelsegment erweist.

Das obere Knöpfchen ist (Fig. 13 *B*) schon bei Loupenvergrösserung als Segment eines Falzringes mit nicht ganz 90 Grad Peripherie zu erkennen. Es ist central und peripherisch durch concentrisch begrenzte Vertiefungen freigelegt und läuft in einer Falzrinne der oberen Kopfplatte (Fig. 13 *A*), die nicht ganz einen Halbkreis beträgt. Letztere ist central durch eine Erhabenheit begrenzt, in welche die Falte der Gelenkshaut axial eindringt.

Im unteren Gelenke (Fig. 14 *A*, *B*) hat die Mandibel einen nur nach unten (hinten) kreisrund begrenzten Zapfen; dieser ist peripherisch durch ein Rinnensegment freigelegt und greift in eine randständige, auf die umgeschlagene Platte des Integumentes etwas übergreifende Pfanne der unteren Kopfplatte (Fig. 14½) ein. Die Wand der Kopfplatte ist etwas schief gegen die Drehungsaxe gestellt, wesshalb diese Pfanne und die Furche an der Mandibel nicht überall gleich breit entwickelt sind. Die Basis des Kiefers ist streng in die Öffnung des Kopfes eingefügt, wesshalb auch die Seiten desselben gleitend in der Öffnung laufen und geglättet sind.

Die Charniere des Kiefers bei *Procrustes* bieten keine besonders zu beschreibenden Eigenthümlichkeiten.

Die weitaus interessanteste Ausbeute ergeben die Gelenke an der Wurzel der Beine. Da die sogenannten Trochanteren mit dem Femur kaum beweglich verbunden und nur als Gelenksstücke der Schenkel zu betrachten sind, so kommen hier nur zwei Gelenke in Betracht, nämlich das Hüftgelenk, welches zunächst die Beweglichkeit der Coxa bedingt und das Schenkelgelenk, welches von der Coxa und dem Gelenksstücke des Femur, dem Trochanter nämlich, gebildet wird. Seien die Coxae walzenförmig oder kuglig gestaltet, so ist das Hüftgelenk so wie auch das Schenkelgelenk immer nur ein Charnier; die freie Beweglichkeit, die manche Beine besitzen, verdanken sie keinem dieser Gelenke allein, sondern der Combination beider. Ein Kugelgelenk an der Wurzel der Beine habe ich an keinem Insecte getroffen.

Eingangs muss ich gleich eines Verhältnisses gedenken, welches, wie mir scheint, bisher gar nicht oder wenigstens nicht allgemein beachtet wurde; es ist dies die topische Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit, Symmetrie oder Asymmetrie der Beine unter einander. Die Heteronomie der Beine, von der Burmeister l. c. B. 2, pag. 47 spricht, und auf Seite 49 ausführlicher beschreibt, bezieht sich auf die Form im Allgemeinen, nicht aber auf die topischen Verhältnisse.

Bei Thieren mit homonom gegliedertem Körper ist jedes nachstehende Leibessegment mit seinen Anhängen eine mehr oder weniger genaue Wiederholung des vordern. So unähnlich sich die Anhänge in Grösse, selbst als besondere Apparate, in der Form sein mögen, so bleiben sie doch in ihrer wesentlichen Grundgestalt für dieselbe Körperseite unter einander ähnlich, und in jedem Paare ist der Anhang links die verwendete, d. i. symmetrische Gestalt des Anhanges auf der rechten Seite. In diesem Verhältnisse erhalten sich auch noch die fünf Paar Beine bei den dekapoden Krebsen. So unähnlich das Scherenbein den übrigen Füssen zu sein scheint, so ist es doch in der Grundform ähnlich den übrigen vier Beinen seiner Seite, und symmetrisch mit allen Beinen der andern Seite.

Mit Ausschluss besonderer Formen, der Heteronomie in der Gestalt sind bei Käfern alle Beine unter einander ähnlich, die Unterschiede beziehen sich da nur auf die Symmetrie, auf das Topische. Die Beine des zweiten und dritten Paares sind auf jeder Seite einander, und verwendet, diesen Beinen der andern Seite ähnlich. Die Beine im ersten Paare aber sind topisch nicht ähnlich den Beinen des 2. und 3. Paares ihrer Seite, sondern diesen der anderen Seite, und zu denen ihrer Seite stehen sie nur im Verhältniss der Symmetrie; eine frontale, zwischen dem 1. und 2. Fusspaare durchgelegte Ebene hätte daher für die Beine auch die Bedeutung einer Symmetrieebene. Nicht alle drei Beinpaare haben dieselbe Excursionsrichtung, sonst wären alle Beine derselben Seite unter einander topisch ähnlich. Bekanntlich tragen die Käfer ihr erstes Beinpaar stets nach vorne, das zweite und dritte Paar stets nach hinten gerichtet. Beim Gange setzen sie die Vorderbeine tastend und klammernd vor, während sie sich mit den Hinterbeinen gegen den Boden stemmend vorschieben. Es stehen also die ersten Paare gegen die zwei Hinterpaare in demselben topischen Verhältnisse, wie die vorderen und hinteren Extremitäten bei den Säugethieren.

Der Grund dieses Verhältnisses liegt weniger in dem Hüftgelenke als im Schenkelgelenke; am ersten Paare ist das Maximum ihrer Excursion nach vorne, an den zwei andern Paaren nach hinten gerichtet, die beiden Figuren 16 und 19, rechtseitige Hüften von *Sc. Typhon*, dürften das Gesagte erläutern. Fig. 19, die zweite Hüfte, ist an der Schenkelöffnung das verwendete Bild der Fig. 16, der ersten Hüfte.

Das Coxagelenk des ersten Fusspaares bei *Scarabaeus Typhon.* Die erste Coxa, Fig. 15 von oben, Fig. 16 von unten, ist ein hohler, walzenförmiger Körper, der in einer Pfanne des Prothorax so eingetragen ist, dass seine geometrische Axe mit der der andern Seite in einer Querebene unter rechtem Winkel sich kreuzt, die Öffnung des Winkels sieht nach aufwärts. Das äussere Ende der Coxa ist gedeckt, das innere Ende ragt frei aus ihrer Pfanne heraus, so dass die Spitze des Winkels beider Drehungsaxen unter die mediane Sternalleiste ausser den Leib des Thieres fällt. Die obere Wand der Coxa ist nach aussen schreibfederartig geöffnet, die Öffnung von einem rauhen, gegen sie umgeklappten Saum des harten Integumentes verengert, welcher den Muskeln für das Hin und Her der Bewegung die Ansatzstellen bietet; die untere Peripherie ist durch eine, wenig concave Achselfläche zur Aufnahme des angezogenen Femur geebnet, das freie, innere Ende zur Aufnahme des Gelenkstückes (Trochanter) des Femur ebenfalls geöffnet.

Die geometrische Axe der Coxa ist zugleich die Drehungsaxe des Gelenkes, es ist einaxig. Burmeister nennt es ein Drehungsgelenk (Rotationsgelenk) und da die Drehungsaxe in den längeren Durchmesser des Gliedes fällt, könnte man es zum Unterschiede von den andern Charnieren auch Walzencharnier nennen. Es gleitet zwar die ganze Oberfläche der Coxawalze, da aber der Umfang der Pfanne in der Bewegungsebene nicht mehr als eine halbe Kreisperipherie ist, daher über den grössten Umfang der Walze nicht hinüberreicht, so wird die Coxa erst durch andere Mittel in ihrer Lage erhalten werden müssen. Es geschieht dies durch Einzapfung und Falze an ihren Enden.

Aussen (Fig. 15) befindet sich, an der Spitze der Schreibfeder, ein kleines, konisch zur Höhle abfallendes Grübchen, welches seine Concavität der Drehungsaxe zuwendet; an dem inneren Ende, der Öffnung für den Trochanter ganz nahe gerückt, bemerkt man eine Falzleiste, welche nach einwärts durch eine Furche freigelegt wird, über die obere Peripherie der Coxa beiläufig im Halbkreise sich herumschlingt und ebenfalls ihre Concavität der Axe zuwendet. Das äussere Grübchen nimmt einen kleinen, halbkonischen Zapfen auf, der an der Innenfläche des Rückenschildes vom Prothorax (Bouclier, St. D.) sitzt.

Die Falzleiste des inneren Endes fügt sich in eine Rinne der Prothoraxpfanne ein, sie ist mit der Leiste congruent und befindet sich knapp an dem medianen Sternalkamme, der beide Coxalpfannen trennt. Da die Falzleiste mit ihrem freien Rande nach innen sieht, die Basis des äusseren Grübchens nach aussen, so ist durch diese Vorrichtung die Coxa fest in die Pfanne eingeklemmt.

Wird die Lage der Axe genauer bestimmt, so ergeben sich als Punkte derselben: das Centrum des Querschnittes vom inneren Coxaende und die Axe der kleinen Kegelfläche am äusseren Ende, und wird sie in diesem Sinne markirt, so findet man, dass die Falzleiste unverkennbar schief zu ihr verläuft, dass selbst das äussere Grübchen mit seinen in der Ganglinie liegenden Contouren ebenfalls schief zur Axe gestellt ist, und dass der Gang des Gelenkes mit Bestimmtheit einer Schraubenlinie folgt, deren Verlauf in Fig. $15^1/_2$ schematisch ausgeführt ist. Dem rechten Vorderbeine angehörig ist diese Schraube linksgängig, linkerseits muss sie daher rechtsgängig sein.

Versucht man das Vorderbein eines Käfers im Hüftgelenke zu enucleiren, so gelingt dies am leichtesten in der extremen Lage, namentlich wenn das Bein in maximo nach vorne umgelegt wird, es ist dies offenbar Folge des Schraubenganges, indem das Bein dann förmlich herausgeschraubt wird. Macht man vorsichtig mit dem Vorderbeine die Bewegungen, so entgeht

einem auch die Lateralverschiebung nicht, beim Wälzen der Coxa nach vorne sieht man ihr inneres Ende etwas der Mitte sich nähern, aus der Pfanne gleichsam heraustreten.

Da die Drehungsaxe des Gelenkes zugleich die geometrische Axe der Coxa und ihrer Pfanne ist, so gleiten deren Flächen streng an einander, und es entsteht bei den Excursionen in solange kein Spalt zwischen dem Rande der Pfanne und der Coxa, als nicht die abgeflachte Achselfläche derselben den Rand der Pfanne erreicht; bis dahin schliesst sich aber die Excursion schon ab. Die Ränder der Pfanne sind ohne alle Vorsprünge, da sie sich der regelmässig walzenförmigen Gestalt der Coxa überall geradrandig anpassen.

Das zweite Coxagelenk bei *Sc. Typhon.* Die Coxa des zweiten Fusspaares (Fig. 19 und 20, erstere von unten, letztere von hinten) unterscheidet sich von der Coxa des ersten Paares zunächst darin, dass die Grundformen beider an derselben Körperseite unter einander symmetrisch sind, dann dass sie keine im vollen Umfange gerundete Walze ist, wie die erste Coxa am inneren Ende, und dass ihre geometrische Axe nicht mit der Drehungsaxe zusammenfällt.

Man muss an dieser Coxa wieder eine äussere und eine innere Hälfte unterscheiden. Die äussere Hälfte bildet den Quadranten einer Walze (siehe in Fig. 19 *a* die seitliche Fläche), hat also drei Flächen; die untere ist die geebnete Achselfläche, die hintere convexe ist das Segment der Walzenfläche, genau nach der Drehungsaxe centrirt, und die Gleitfläche in der Pfanne, die zwischen Meso- und Metathorax sich öffnet (Fig. 21). Die vordere Fläche enthält die nach dem Thoraxraume gerichtete Öffnung, die ebenfalls von den rauhen Ansatzplatten der Musculatur verengt wird. Das äussere Ende ist abgeplattet, nicht ganz ein Kreisquadrant (Fig. 19 *a*). Im Winkel desselben sitzt eine kleine Pfanne, deren Axe mit der Drehungsaxe des Gelenkes zusammenfällt.

Das innere Ende, mit der mehr nach hinten gerichteten Femoralöffnung ist wieder mehr kugelig, ihr Krümmungs-Mittelpunkt bezeichnet den andern Endpunkt der Drehungsaxe. Diese fällt daher schief durch den Körper der Coxa, indem sie aussen in die Ecke des vordern Randes einfällt und central durch's innere Ende durchgeht. Da der Krümmungsradius des inneren Endes kleiner ist als der der äusseren Hälfte der Coxa, so können die geglätteten Flächen beider Hälften nicht direct in einander übergehen, sie sind durch eine Furche unten getrennt (Fig. 20), in welche sie schief abfallen.

In dem Masse als die Drehungsaxe den vorderen (frontalen) Rand verlässt, biegt sich von der inneren kugeligen Hälfte vorne ein walzenförmig abgerundetes Flächenstück von kleinerem Radius als das hintere Walzensegment gegen die Achselfläche herab (Fig. 19, bei *b*), welches bei der Bewegung gleitend an dem vorderen Pfannenrande vorübergeht. Die Pfanne ist in ihrer äusseren Hälfte congruent mit der untern hintern Fläche der Coxa gekrümmt. Der Furche der Coxa entsprechend, trägt sie eine stumpfe Leiste, durch diese Leiste ist die Coxa innen fixirt; aussen ist sie durch einen kleinen Zapfen des Mesosternums befestigt, der am Rande der Pfanne sitzt, in dem Winkel, den dieses mit den Randstücken des zweiten Thoraxringes bildet (Fig. 21). Dieser kleine konische Zapfen greift in das äussere Gelenkgrübchen der Coxa ein.

Betrachtet man den Lauf der stumpfen Leiste in der Pfanne oder den der Furche an der Coxa im Verhältniss zur Drehungsaxe, so wird es klar, dass auch hier die Drehung der

Coxa schraubig ansteigt, jedoch nicht in der Richtung mit der ersten Coxa übereinstimmend, sondern symmetrisch gegenläufig; rechtsseitig also in rechtswendiger, linksseitig in linkswendiger Gangrichtung.

Die Drehungsaxen beider Coxae, gegen einander in der Horizontalprojection in einem nach vorne geöffneten, rechten Winkel geneigt, neigen in der verticalen Querebene (frontal) nur in einem stumpfen, aufwärts geöffneten Winkel von etwa 140 Graden gegen einander.

Am Gelenke der dritten Coxa von *Typhon* fällt allsogleich zweierlei auf; erstens dass die Pfanne zur Aufnahme derselben keine unveränderliche Gestalt hat, indem auch das Abdomen an ihrer Bildung mit einem Ausschnitte Antheil nimmt, der durch Buchtung der ersten Ringe entsteht, dann, dass die Drehungsaxe der Coxa ihrer ganzen Länge nach randständig ist, mit der geometrischen Axe derselben zwar parallel verläuft, aber nicht zusammenfällt. Die ganze Coxa ist sehr abgeflacht (Fig. 21 *B* der linken Seite von unten), die untere und obere Fläche vereinigen sich keilförmig in einem hinteren Rande. Die dem Thorax zugewendete Öffnung nimmt der ganzen Länge nach die Basis dieses Keiles ein. Die Ansatzplatten der Muskeln sind ganz schmale Säume. Die Krümmung der oberen Fläche ist nicht nach der Drehungsaxe centrirt, wesshalb die Coxa bei der Bewegung des Beines vorn über klappenartig von der Grube des Abdomens abgehoben wird. Die Drehungsaxe fällt in den vorderen Rand der unteren Fläche, welcher centrisch mit der Axe in einer kleinen, nach aussen zugespitzten, geglätteten Walze sich abrundet. Die Fläche selbst ist plan und bildet die Achselfläche zur Aufnahme des angezogenen Femur. Die Femoralöffnung der Coxa fällt in den innersten Theil dieser Fläche; gegenüber dieser Öffnung ist die Walze des Vorderrandes am breitesten.

Gegen das äussere Ende ist die Randwalze von einem kleinen, geglätteten Ausschnitt unterbrochen, der axial als Grübchen in das äusserste Ende dieser Walze sich fortsetzt.

Ein zweiter, ebenfalls genau axial gestellter Ausschnitt sitzt ganz am inneren Ende der Coxa, er sinkt in der Tiefe in ein Grübchen ein. In diese Ausschnitte der Coxa legen sich kleine konische Zäpfen ein, welche am hinteren Rande des Metasternums sich erheben und mit ihrem freien Ende nach aussen sehen, Fig. 21 *A*. Da die Zäpfchen axial liegen, die Axe parallel zum Metasternalrande läuft, so müssen sie, wie bei einer Angel, winkelig gebogen aus diesem Rande hervorragen. Der eine Angelzapfen befindet sich am äussersten Rande des Sternalendes, da wo dieser mit dem Randstücke des Thoraxsegmentes (der Pleura) durch Anlagerung sich vereinigt. Der andere liegt über dem Niveau der Sternalplatte, der Mitte ganz nahe, an dem da winkelig vorspringenden abgeplatteten Kiele derselben. Burmeister hat diese Verbindungszapfen l. c. 3. Band, pag. 40 beschrieben. Die beiden bemerkten Grübchen der Coxa stellen die Angelringe vor, welche diese Zäpfchen aufnehmen, indem sie gleichsam von aussen nach innen über sie geschoben sind. Das Gelenk ist also ganz nach Art eines Angelcharniers construirt, welches sich durch Verschiebung der Coxa nach aussen auslösen liesse, wenn nicht die vorspringenden Randstücke des Thorax und der Umstand es verhindern würden, dass die Grübchen zur Aufnahme der Zapfen in Ausschnitten der Coxa eingesenkt sind.

Während sich bei den zwei anderen Coxagelenken, bei der Bewegung um die Axe, die Spindel in der fixen Pfanne drehte, dreht sich hier die concave Gelenkfläche um die fixe

axiale Spindel; das randständige, um die Drehungsaxe centrirte Walzensegment trägt keinen die Coxa in ihrer Verbindung fixirenden Gelenkstheil. Ist die Coxa bei angezogenem Beine in ihrer Nische, so steht der freie Rand dieser kleinen Walze knapp am Rande des Thorax. Wie aber das Bein mit der Coxa nach vorne geneigt wird, so legen sich die an den Ausschnitten der Walze liegenden Vorsprünge ihres Randes um die Zapfen am Thorax und verhindern auch so noch ein Überschlagen und damit ein Ausgleiten des Beines aus seiner Verbindung.

Soll das Gelenk gelöst werden, so kann dies nur mit Bruch irgend eines Fortsatzes geschehen; sei es ein Angelzapfen oder ein Vorsprung der Walze oder der Pleura. Nur wenn durch Kochen das harte Integument etwas erweicht und nachgiebig wird, gelingt es, die Verbindung ohne Bruch zu lösen.

Dass dieses Gelenk auch zu den Schraubencharnieren zu rechnen sei, lässt sich bei der geringen Grösse der Zapfen nicht mit Bestimmtheit entnehmen. Wenn die Zapfen bei stärkerer Vergrösserung betrachtet werden, so bemerkt man wohl, dass ihre Flächen schief aufwärts und vorne abfallen, rechts also übereinstimmend mit der zweiten Coxa und gegenläufig der ersten, rechtsgängig, links linksgängig sind. Das Bein könnte also mit seiner Coxa, da sich hier die Schraubenmutter bewegt und nicht wie am zweiten Coxagelenke die Spindel, durch eine Bewegung des Beines gegen den Kopf aus der Angel gehoben werden, was aber durch die erwähnten Fortsätze verhindert wird.

Beide Axen, die von rechts und links, sind im Horizonte in einem Winkel von etwa 120 Grad gegen einander gelagert, in der Frontalebene ist ihr Convergenzwinkel ein noch grösserer, so dass sie unter allen drei Axen gegen die Horizontalebene den kleinsten Winkel macht.

Aus der Beschreibung des Gelenksbaues an allen drei Hüften ist zu ersehen, dass ein Unterschied betreffs der Art der Bewegung nicht besteht, indem alle drei einaxige Gelenke sind; nur in der Richtung und dem Masse der Excursion können Verschiedenheiten auftreten.

An die Beschreibung der Hüftgelenke bei *Sc. Typhon* mögen sich einige Beobachtungen anreihen über den Bau dieser Gelenke bei andern Käferformen.

Bei *Phanaeus ensifer* ist die Walzenform an der ersten Coxa, und ihre Fixirungsweise in der Pfanne ungeändert, aussen das Gelenksgrübchen, innen die Furche; die Thoraxöffnung aber und die sie begrenzenden rauhen Muskelsäume sind schraubig in der Gangrichtung gewunden, die Pfanne ist weniger geöffnet, so dass nur ein kleinerer Theil des inneren Endes der Coxa frei liegt.

Die zweite Coxa ist durch ihre bekannte, mit der Medianebene parallele Lage, und ihre mehr konische Walzenform ausgezeichnet, ihre Thoraxöffnung ist nach vorne gerichtet, und nimmt eine reine basale Stellung an, ihre untere Fläche ist als Achselfläche geebnet, doch nicht bis zum grössten Umfange der Walze, so dass die Drehungsaxe über diese Fläche fällt. Die Femoralöffnung nicht randständig, sondern an die untere Fläche verlegt. Die geometrische Axe der Coxa ist hier zugleich ihre Drehungsaxe. Das äussere axiale Gelenkgrübchen sitzt an einem Fortsatze der unteren Wand, welcher sich über die Thoraxöffnung bis zur Drehungsaxe herüberbiegt.

Eine Fixirungsfurche am innern schmälern Ende der Coxa besteht nicht. Die Coxa wird durch eine andere Vorrichtung in der, ihrer ganzen Länge nach geschlitzten Pfanne erhalten. Die Pfanne reicht nämlich bis über den grössten Durchmesser der Walze, ihre Öffnung ist enger; ferner ist die untere, vom Metasternum gebildete Wand der Pfanne länger als anderswo, die konische, der Coxa eng angepasste Pfanne auch nur basal gegen den Thoraxraum geöffnet, so dass ein Ausgleiten der ebenfalls konischen Coxa mit dem Schenkelende frei heraus nicht möglich ist, ohne den vorderen Schluss der Pfannenöffnung im Mesothorax zu trennen. Ein Ausgleiten der Coxa ins Innere des Thorax verhindert dagegen das im Vereinigungswinkel des Mesosternums mit den Seitenplatten befindliche Gelenkszäpfchen, welches in das axiale Grübchen an der Basis der Coxa eingelegt ist.

Die dritte Coxa, in derselben Weise wie bei *Sc. Typhon*, nach Art einer Thürangel, am Rande des Metasternums befestiget, zeichnet sich durch ihre mehr spindelförmige Gestalt und dadurch aus, dass ihre obere Fläche geglättet und nach der Drehungsaxe centrirt, wirklich ein Walzensegment von etwa einem Viertheil des Kreisumfanges bildet. Dieses ist mit dem vordern randständigen, hier etwas grösseren Walzensegmente concentrisch, nur nach dem grösseren Radius gebogen. Die obere Fläche gleitet in diesem Falle in der unveränderlichen Grube des Abdomen, wird also nicht blos nach Art einer Klappe vom Abdomen abgehoben.

Mit Ausnahme der Axen der zweiten Hüften ändert sich an der Situation derselben rücksichtlich der Dimensionen des Leibes nichts, die erste und die dritte Axe haben dieselben Neigungen unter sich, zum Horizonte und zu der Symmetrieebene des Leibes, wie bei *Sc. Typhon.*

Eine besondere Art von Fixirung in der Sternalpfanne zeigen die sogenannten kugeligen Coxae der beiden ersten Fusspaare von *Procrustes.*

Die erste Coxa (Fig. 25), birnförmig gestaltet, im Querschnitte kreisförmig, läuft am innern (hintern) Ende verschmälert in ein beinahe kugelig abgerundetes Zäpfchen aus; basal hat sie die Thoraxöffnung, über welcher die eingebogene Wand die zweite fixirende Gelenkfläche, ein Grübchen trägt. Die Pfannen liegen in einem schiefen Winkel, nach hinten convergirend in dem keilförmigen Fortsatze des Prosternums. Ein kleines Grübchen in dem Ende des Fortsatzes nimmt das Köpfchen der Coxa auf und sichert deren Lage (Fig. 24). Die beiden Fixirungspunkte der Coxa ergeben, dass auch sie nur um eine Axe beweglich, keine freie Bewegungsexcursion gestattet.

Noch mehr gerundet im Körper, beinahe kugelig, ist die Coxa des zweiten Fusspaares, doch trägt sie auch ein äusseres, über die Thoraxöffnung gebogenes Gelenkgrübchen, wodurch auch sie nur einaxig beweglich wird.

Die Coxa des dritten Paares nach hinten zum Femoralgelenke schiefwinkelig verlängert, zeigt eine nur unbedeutende Beweglichkeit, welche durch zwei Fixirungspunkte am vordern Rande in der Excursionsrichtung bestimmt wird.

Die ebenfalls kugelige erste Hüfte von *Calandra palmarum* (Fig. 22) ist einerseits durch den engen Schlitz ihrer Pfanne, die über den grössten Umfang herüberreicht, in ihrer Lage gesichert, so wie auch durch axiale Fortsätze; mit einem kleinen Zapfen am inneren Ende und einem Grübchen am äusseren, längs der Thoraxöffnung sich erhebenden Fortsatze eingelenkt, ist sie in ihrer einaxigen Bewegung bestimmt. Um sie auszulösen, musste

die Pfannenöffnung sehr ausgeweitet werden. Eigenthümlich ist ihr noch ein Falz, der über ihre ganze Peripherie sich herumschlingt, und vorne sich schliesst. Er liegt gerade am innern Ende der Thoraxöffnung und besteht aus einer Falzleiste, die in einer Rinne der Pfanne läuft und einer Rinne, in welche der freie, dem Thoraxraume zugewendete Rand der Pfanne, mit dem Ansatze der Gelenkshaut sich einlagert. Da wo die Falzleiste sich schliesst, fallen die Enden des Ringes zwar nicht genau in einander, doch ist die Ablenkung so unbedeutend, dass wohl kaum von einer Schraube die Sprache sein kann. Dieselbe Einlenkungsweise findet sich auch bei der zweiten Coxa; erstes und zweites Beinpaar sind auch hier topisch ungleich, d. h. nur symmetrisch.

Die Coxa des dritten Fusspaares ist dadurch ausgezeichnet, dass ihre geometrische Axe zugleich Drehungsaxe des Gelenkes ist, sie ist (Fig. 23) nach beiden Enden verschmälert, und durch kleine, gewundene Zäpfchen in ihrer Pfanne fixirt, daher ebenfalls nur um eine Axe drehbar; ihre beinahe ganz in der Bewegungsrichtung geschlossene Abrundung, und die kleine Axelfläche an der unteren Seite würden dieser, wie auch der ersten und zweiten Coxa eine grosse Bewegungsexcursion gestatten, wenn nicht die Pfannenöffnungen so schmal, und die Coxae daher von den Pfannen in grossem Umfange eingeschlossen wären.

Buprestis grandis hat am ersten und zweiten Fusspaare ebenfalls sogenannte kugelige Coxae, die aber nichts weniger als frei beweglich sind; werden sie aus ihrer Verbindung gelöst, so findet man (Fig. 26) die Kugel axial sehr abgeflacht, so dass sie beinahe ringförmig wird; vom äusseren kreisförmigen Umfange, wo die Thoraxöffnung sich befindet, erhebt sich ein längerer Fortsatz, der eine kleine, grubige Gelenksfläche axial einstellt.

Am ersten Gelenke habe ich in der Bucht, welche der Fortsatz macht, einen Rollhügel, Trochantinus (Audouin) gefunden, konnte mir aber über seine mechanische Bedeutung keine klare Vorstellung bilden.

Hydrophilus piceus hat ebenfalls am ersten Beine eine sogenannte kugelige Coxa (Fig. 27 *A*), d. h. es tritt eben nur das innere Ende mit dem Schenkelgelenke offen durch die Pfannenöffnung zu Tage. Das freie Stück ist auch gebuchtet, an der unteren Seite von einer grösseren Achselfläche abgeplattet; das gedeckte aber in einen langen, dünnen, gewundenen Fortsatz ausgezogen, an welchem die Thoraxöffnung spaltenförmig ansteigt. Die rauhe Ansatzplatte für den Muskel, welcher das Bein mit der Coxa nach vorne dreht, windet sich korkzieherartig am linken Beine linkswendig um die Spalte. Das Ende des Fortsatzes, schraubig umgebogen, trägt ein geglättetes Grübchen, dessen Rand im Sinne dieser Schraubenlinie läuft und dessen Grund, als Furche ebenfalls gewunden in die untere Fläche ausmündet. Der dieser Furche anliegende Rand des engeren Theiles der Thoraxöffnung ist Ansatz der Gelenkshaut (*ab*). Der Rand des weiteren Theiles (*b*) ist von einem geglätteten harten Wulste eingesäumt. Der gebuchtete innere Theil der Coxa läuft in der Pfanne, der äussere schmale Theil steht mit dem Schilde des ersten Brustringes nur mittelst eines intermediären Skeletstückchens in Verbindung.

Ich glaube es in diesen Körperchen mit dem Trochantinus (Audouin) zu thun zu haben, Fig. 27 *B*. Es stellt ein langes, dütenförmig eingerolltes Blättchen vor, welches ein Continuum ist des durch die Pfanne an die Innenfläche des Brustschildes sich umschlagenden Integumentes, mit dem es an seiner Basis zusammenhängt. Das untere, zugleich nach innen entlang der Drehungsaxe des Gelenkes gerichtete Ende ist schlitzförmig geöffnet. Der Rand dieses Schlitzes trägt aussen und innen (in der Richtung der Drehungsaxe) eine geglättete

kleine Fläehe, von denen die äussere (a') sich in das Grübchen am Ende der Coxa einlagert, die innere als gewundenes Grübchen (b') an den Rand der Thoraxöffnung (b) anlegt, wie es die Bezeichnung (a' b, b b') und Fig. 28 schematisch darstellt. Die Ränder beider Schlitze a b und a' b' sind durch Gelenkhaut mit einander verbunden. Die Lage der Drehungsaxe ist in der Zeichnung angegeben; die Coxa dreht sich um den dünnen Fortsatz des Trochantinus; es ist klar, dass in den axial gelegenen Gelenksflächen a und a' das Gleiten nur gering sein wird, dagegen ausgiebiger in dem peripherisch gelegenen Gelenke b b'. Dureh die korkzieherartige Windung beider Körper ist natürlich auch die Hemmung der Excursionen gegeben.

Zu bemerken wäre noch, dass die runde Öffnung der Sternalpfanne, entspreehend der Lage des Fortsatzes der Coxa, als feine Spalte gegen den Rand des Thieres fortläuft.

Der Troehantinus ist in diesem Falle nur ein Fortsatz der inneren (umgesehlagenen) Integumentlamelle des Brustschildes, die die Gelenksverbindung mit der Coxa vermittelt. Bei *Typhon* sitzt diese Gelenksfläche zur Verbindung mit dem äusseren (oberen) Ende der Coxa dicht an dem Schilde an, ihre Lage ist sogar äusserlich am Rüeken durch ein kleines Höckerchen bezeichnet. Die Umschlagsplatte des Integumentes verwächst hier mit der Rückenplatte.

Die zweite Coxa von *Hydrophilus picus* unterscheidet sieh nicht sehr in ihrer Form und Gelenkung von der bei *Sc. Typhon.* Ihr äusserer Theil stellt ebenfalls einen Quadranten einer Walze vor, nur ist ihr innerer Theil in seiner oberen, der Pfanne zugekehrten Krümmung mit demselben Radius besehrieben wie der äussere; der innere Theil ist die Hälfte einer Walze. Es fehlt daher dem äusseren Theile der Coxa der vordere Walzenquadrant; die Grenze beider Theile ist durch einen rechtwinkligen Ausschnitt kenntlich. Denkt man sich den fehlenden Quadranten dazu, so ist die Coxa genau eine halbe Walze, begrenzt von der Aehselfläche, welche genau in der Ebene der Axe in dem grössten Durchmesser der Walze gelegen ist. Offenbar ist hier die Achselfläehe desshalb in den grössten Umfang der Walze, also axial eingelegt, um die an 180 Grade reichende grosse Excursion des Femur zu gestatten. Die Erzeugungsaxe der Coxa ist zugleich ihre Drehungsaxe. Am Durchgangspunkte der Axe durch die äussere Eeke liegt ein kleines Gelenkgrübchen. Der innere Axenpunkt liegt im Centrum des inneren Theiles.

Wäre die Coxa in beiden Theilen eine halbe Walze, so würde, wie eine Drehung derselben mit dem Beine nach vorne geschieht, ihr vorderer Rand unter den Pfannenrand wie an einer Fallthüre einsinken. Die Pfanne wäre von aussen zugänglich, dies ist auch wirklich der Fall, nämlich innen gegen das Sehenkelgelenk, wo die Coxa ganz ist; allein hier ist die Pfanne gegen den Thorax abgeschlossen, was aussen nicht der Fall ist. Da ist nun eine Vorrichtung angebraeht, die einen Verschluss der hier gegen den Thorax offenen Pfanne bewerkstelliget. Statt des vorderen Quadranten ist in den Aussehnitt der Coxa, ihre Achselfläche ergänzend, ein Plättchen eingelegt (Fig. 29 *), welches in der Axe durch loekere Gelenkshaut mit der Coxa sich verbindet, innen ist es im Winkel des Ausschnittes fixirt. Am Mesosternalrande der Pfanne ist das Plättchen ebenfalls locker angeheftet, und blos aussen wieder in der Nähe der Fixirungsfläche der Coxa, unverrückbar befestiget. Es liegt also mit seinem hintern Rande axial. Wird nun eine Drehung mit dem Beine vorn über in der Hüfte vorgenommen, so wird das Plättehen ruhig in der horizontalen Lage verbleiben können und den Raum abschliessen, der durch das Drehen der Coxa zwischen ihr und dem Sternalrande sich bilden würde. Wie die Bewegung fortgesetzt wird, so wird das innere Ende dieses Plättehens über

den Mesosternalrand der Pfanne horizontal hineingeschoben und bei der Rückbewegung wieder hervorgezogen. Das Plättchen fungirt also wie eine Klappe, die den Zugang zur Pfanne eigentlich zum Thoraxraume absperrt. Einerseits mit dem Thorax vereinigt, anderseits an die Coxa fixirt, bildet es wieder ein, die Verbindung vermittelndes Zwischenstückchen. Es ist dies ebenfalls der Trochantinus.

Mit dem Trochantinus fällt dieser Klappenapparat am dritten Beine weg. Die Achselfläche der Coxa ist zwar auch durchwegs eben, da aber die Drehungsaxe der Coxa hier nicht in ihre Mitte, sondern auf ihren vorderen Rand fällt, sich an diesem, wie bei *Phanaeus* noch eine mit der Drehungsaxe centrirte kleine Walzenfläche bildet, ihr Rand also stets mit dem Metasternum im Contact bleibt, so ist die Existenz dieses Apparates nicht weiter postulirt.

Dass bei manchen Käfern die dritten Coxae mit dem Thorax unbeweglich verbunden sind, ist bekannt, so z. B. bei den Ditisciden, Buprestiden.

Die besprochenen Gelenksformen werden genügen zum Beweise, dass keine Coxa, wie immer sie auch gestaltet sein mag, einer freien Bewegung fähig ist; alle Hüftgelenke sind einaxige Gelenke. Der schraubige Gang wurde an mehreren getroffen, am ersten Beine rechterseits links, linkerseits rechts gewunden. Ohne den mechanischen Grund angeben zu können, führe ich das Gelenk bei *Hydrophilus* als Ausnahmsfall an, weil hier die schraubige Torsion des äusseren Coxaendes linkerseits links, und rechterseits rechts gewunden ist. Die zweiten und dritten Beine haben symmetrisch mit denen des ersten Beines ihre Schraubenrichtung verändert, so dass rechts der Gang rechtsläufig, links der Gang linksläufig ist. Bei *Hydrophilus* scheint mir am zweiten Beine der Gang auch abzulenken, u. z. rechterseits rechtswendig zu sein.

Die Schenkelgelenke, d. i. die gelenkige Verbindung des Femur und der Coxa mittelst des Trochanter als Epiphysentheil desselben.

Im vorhinein müssen zwei Punkte hervorgehoben werden, da sie wesentlich formbestimmend sind für die sich verbindenden Skeletstücke. Einmal, dass in diesem Gelenke im Maximo der Beugung Femur und Coxa nicht auf einander zuklappen, wie dies z. B. beim Femorotibialgelenke der Fall ist, sondern in seitlicher Lage zu einander sich einstellen. Im ersten Falle ist die Bewegungsebene für beide Glieder dieselbe, oder wenn die Axe zur Längsrichtung der Glieder sich schief einstellt, so kreuzen sich die beiden Bewegungsebenen, wie z. B. auch am Ellbogengelenke des Menschen. In der Hüfte der Käfer aber fallen die Bewegungsebenen beider Theile, wie es scheint, stets parallel zu einander, etwa so, wie sich zwei Gieder um eine Axe bewegen liessen, von denen eines am inneren, das andere am äusseren Axenende befestiget wird. Diese seitliche Anordnung der Gelenksenden kömmt da aber nicht vor, indem die Gelenksenden der Coxa und des Femur nicht neben einander liegen, sondern wirklich in einander geschoben sind. Stets ist das Gelenksende des Femur in die Gelenksöffnung der Coxa hineingeschoben. Um daher bei dieser Verbindungsweise Raum für die seitliche Anlagerung der beiden Glieder gewinnen zu können, müssen sie an den, einander zugekehrten Seiten, namentlich an ihren Gelenksenden, ganz regulär ausgeschnitten sein. Sowohl die Flächen beider Röhren als auch die Ränder der Gelenksöffnungen an der Coxa sind eigenthümlich geformt; erstere heisse ich die Achselflächen, letztere die Achselausschnitte.

Diese Form- und Lagerungsverhältnisse knüpfen sich noch an den Umstand, dass häufig die Drehungsaxen beider Gelenke, des Hüft- und Schenkelgelenkes, sich nicht blos überkreuzen, sondern durchkreuzen, d. h. dass die beiden Drehungsaxen in eine Ebene fallen; ein Verhältniss, das wieder nur möglich ist durch die oben angedeutete Form und Lagerung, namentlich durch das Ineinandergeschobensein der beiden Glieder.

Mit dem geänderten Verhältnisse der Bewegungsebenen des Schenkel- und Coxagelenkes zu einander, wenn sie nämlich nicht mehr parallel und seitlich laufen, ändert sich der Bau des Gelenkes.

Das erste Schenkelgelenk von *Megalosoma Typhon*. Wie am unteren Ende des Femur für das Femorotibialgelenk, so findet sich auch hier an der Coxa jederseits ein axialer fixer Drehungspunkt. Die ihn umgebenden Seitenflächen und die beiden sie tragenden Seitenklappen sind im Femorotibialgelenke im Ganzen symmetrisch; am Schenkelgelenke aber musste, um für das Femur in der Breite des Coxaendes Platz zu gewinnen, deren halbe Axenlänge freigelegt werden, mit Bestand der axialen fixen Punkte. Dies geschieht durch die Achselfläche, welche bis in die Mitte der Drehungsaxe des Schenkelgelenkes eingreift und gleichsam die halbe Walze an dieser Stelle abschneidet. Die Öffnung der Coxa, in welcher der Trochanter läuft, ist desshalb auch seitlich, nicht endständig; das Schenkelende der Coxa auch ganz asymmetrisch. Die Contour der Schenkelöffnung wird daher folgenden Verlauf haben. Confr. Fig. 16, 17 und 18 *A*. Sie geht zuerst in der Ebene der Achselfläche, also in einer mehr senkrecht auf die Axe gestellten Ebene bis zum grössten Durchmesser der Öffnung; und um dann den fixen Axenpunkt, der ja auch in die Contour der Öffnung fällt, zu erreichen, geht sie im Raume gebogen weiter; sie beschreibt nämlich erstlich einen Viertelkreis in der Excursionsebene und lenkt dann gegen den Endpunkt der Axe um die halbe Axenlänge seitlich ab. Sie ist daher eine Schraubenlinie, die aber nicht mit einer Walzenschraube übereinstimmt, sondern, da sie endlich in die Axe selbst fällt, auf das Schema einer konischen Schraubenlinie zurückzuführen ist, wie dies Fig. 18½ schematisirt. Ich bemerkte oben, dass sie anfangs mehr senkrecht auf die Axe verlaufe, genauer besehen zeigt sie aber auch schon da eine Ascension, und wie dies bei konischen Schrauben zu sein pflegt, nimmt mit Abnahme der Peripherie, namentlich gegen das Ende in der Axe die Ascension rasch zu. Diesen schraubigen Begränzungsrand der Schenkelöffnung an den Coxen nenne ich den Achselausschnitt. Die Windung dieses Ausschnittes ist rechterseits rechts-, linkerseits linksläufig; also gegenläufig der Gangwindung in dem Hüftgelenke.

Es ist einsichtlich, dass unter diesen Verhältnissen der fixe Axenpunkt auf einem über die Achselfläche hervorragenden Fortsatze sich befinden wird, gegen den auch die Achselfläche in Wendelform ansteigt. Da der Fortsatz mit seiner inneren Wand sich in grösserer Länge axial einstellt, so werden dadurch die axialen Berührungspunkte beider Glieder vermehrt. Der Fortsatz selbst ist seinem Wesen nach, wie die axialen Fortsätze bei den Krebsen, auch als Faltung des Integumentes anzusehen, welches hier, wie am unteren Femoralende, in die Öffnung sich hineinstülpt. Der Faltungswinkel ist deutlich zu sehen in Fig. 17 bei *a*.

Der andere fixe, axiale Punkt ist an der Coxa ein Einschnitt, Fig. 17 und 18 *A*, *b*, der sich nach der Axe etwas pfannenartig gestaltet. Durch den Einschnitt zerfällt die im Ganzen kugelige Kuppel des Coxaendes in zwei Klappen, eine nach der Achselfläche zu gerichtet, durch sie quer getheilt, so dass sie beiläufig einen Kugeloctanten repräsentirt; die andere ist ganz, bildet eine helmartige Kappe und hängt am anderen Axenende mit dem besprochenen axialen

Fortsatz zusammen. Die grösste Wölbung dieser Kappe läuft aber nicht rechtwinklig auf die Axe sondern schief, im Sinne der Schraube am Achselausschnitte. Da in dieser Kappe bei der Bewegung des Gelenkes der Trochanterkopf läuft, so kann kein Zweifel sein an dem Bestande eines Schraubenganges in diesem Charniere.

Auch der Schenkel Fig. 17, Fig. 18 *B* ist durch eine der Coxa zugewendete Achselfläche geebnet, die in derselben Art die halbe Drehungsaxenlänge des Trochanter frei legt, dieser bildet ebenfalls eine Art Helm (Kopf des Trochanter), dessen grösste Wölbung schief verläuft, in Übereinstimmung mit dem an der Coxa. Der Achselfläche zu erhebt sich an seiner Seite ein axialer Fortsatz (*b'*), welcher mit dem Kopfe einen spitzen Winkel bildet. Am anderen Axenende hat er einen Ausschnitt (*a'*), der durch einen breiten wangenartigen Fortsatz der Wand vom Femur vertieft wird. Wo Trochanter und Femur in einer unbeweglichen Nath sich verbinden, also unter der Öffnung, ist, gegen die Achselfläche gekehrt, eine geglättete Furche angebracht, die als Halseinschnürung den Kopf des Trochanter frei legt. Sie verläuft ebenfalls schraubig von dem Ausschnitte am Axenende gegen die Achselfläche abfallend.

Die Einfügung des Schenkels in die Coxa geschieht nun so, dass der Fortsatz des Trochanter in den Ausschnitt der Coxa sich einlagert und sein Ausschnitt den axialen Fortsatz der Coxa aufnimmt; der Kopf des Trochanter wird von der schiefen Bucht der Coxa gedeckt, und in die Halseinschnürung des Trochanter legt sich der Schraubenrand des Achseleinschnittes an der Coxa hinein. Bei diesem gegenseitigen Umschlingen und Eingreifen der Fortsätze in Gruben ist die Trennung des Gelenkes ohne Bruch nur möglich, wenn die Theile erweicht und nachgiebig geworden sind.

Der Schraubenform der Gelenktheile entspricht der Gang des Gelenkes. Es ist bei einer Excursion desselben von mindestens 90 Grad und der nicht unbedeutenden Ascension der Ganglinie eine bemerkbare Lateralverschiebung zu erwarten, die an den Axenenden sich äussern wird. Fixirt man z. B. den Fortsatz der Coxa in dem Ausschnitt des Femur, so wird man ihn bei angezogenem Beine (Beugung), wo Coxa und Femur parallel, mit ihren Axelflächen sich berührend, eingestellt sind, in die Tiefe zurückgezogen finden, ihn aber gleich über das Niveau des Ausschnittes sich erheben sehen, wie das Bein gestreckt (abgezogen) wird. Auch der Trochanterfortsatz sinkt bei der Beugung ein und erhebt sich bei der Streckung. Dieser scheinbare Widerspruch (man sollte eben glauben, dass, wenn einerseits eine Elevation stattfindet, andererseits eine Depression zu erwarten wäre) löst sich einfach damit, dass beide Fortsätze nicht an demselben Gelenkskörper sitzen, sondern der eine an der Spindel, der andere an der Mutter, und dass wenn das Gelenk aufgeschraubt wird, beide von einander sich entfernen müssen. Wird das Gelenk so besehen, dass die Axe horizontal und quer vor dem Beschauer steht, wie in Fig. 18, so sind diese axialen Verschiebungen beiderseits deutlich zu übersehen.

In der Weise der Schraube liegt zugleich der Hemmungsapparat des Gelenkes. Wird nämlich das Gelenk gebogen, so sieht man die Achselfläche des Schenkels an der wendelförmigen Achselfläche der Coxa zur Spitze des Fortsatzes ansteigen und ihn decken; der Halseinschnitt des Trochanter, in der Strecklage an den Achselausschnitt der Coxa nicht angepasst, kömmt bei der Beugung in genauen Contact mit ihm. Der Trochanter stellt nämlich die konische Spindel vor, deren Spitze seinem Ausschnitte und dem Coxafortsatze zugerichtet ist, weil dort seine Halseinschnürung axial fällt; die Coxa stellt die Schraubenmutter vor, beide liegen eng angepasst an einander in der Beugelage, etwa so, wie eine eingeschraubte

Holzschraube in dem gemachten Muttergewinde; die Streckbewegung führt zum Ausschrauben. Es kommen beim Herausdrehen einer Holzschraubenspindel die Windungen an der Spitze derselben den Gängen an der Basis, also Gängen von grösserem Radius gegenüber zu liegen, können also nicht auf sie passen und die steil ansteigende Endwindung des Muttergewindes herausheben. Wird die Schraube wieder zugedreht, so erfolgt allseitig das Anpassen der Gänge der Spindel an die der Mutter, was in dem Falle durch das Anziehen des Beines (Beugung) geschieht.

Das vollkommene Anpassen einer konischen Schraube führt natürlich zur Hemmung. Ich muss abermals darauf aufmerksam machen, dass der Fortsatz der Coxa beim Zuschrauben gedeckt wird, weil er ja nicht der Spindel, sondern der Mutter angehört. Würde er der Spindel angehören, so müsste er wegen des Fortschreitens der Mutter zur Basis der Spindel natürlich blossgelegt werden. Die konische Form der Schraube ist also für das Maximum der Beugung der Hemmungsgrund. Bei der Streckung, wo das Gelenk in der Schraube gelockert ist, wird der Diaphysentheil des Schenkels (über dem Schenkelkopfe) an den Rand der Coxa sich anstemmen und weitere Bewegung verhindern.

Betreffs der Situation der Axen ergibt sich, dass sich die Axe des Schenkelgelenkes mit der der Coxa unter rechtem Winkel kreuzt, beide also in einer Ebene liegen.

Von den Muskelansätzen fällt der für den Strecker (Abzieher nach St. D.) auf den Rand des Trochanterhelmes, seine Zugrichtung scheint mir in die Gangrichtung des Gelenkes zu fallen; der Ansatz des Beugers (Anzieher, St. D.) befindet sich in einem rauhen Grübchen unter dem axialen Fortsatze des Trochanter.

Das Schenkelgelenk am zweiten Bein von *Typhon* unterscheidet sich in nichts wesentlichem von dem am ersten Beine. Symmetrisch dem am ersten Beine seiner Seite, ist natürlich auch die Schraube der am ersten Beine gegenläufig, also rechterseits linkswendig, linkerseits rechtswendig. Die axiale Incisur an der Coxa schliesst sich mehr zu einem Loche ab. Die beiden Axen durchkreuzen sich auch hier und zwar rechtwinklig.

Auch am dritten Beine sind die Formen und der Mechanismus dieselben; mit dem zweiten Fusspaare seiner Seite in der Gangrichtung übereinstimmend, zeigt es in der Situation seiner Axe den Unterschied, dass sie sich mit der der Coxa nur rechtwinklig überkreuzt, beide also nicht in eine Ebene fallen, Fig. 21.

Nach demselben Typus wie bei *Sc. Typhon* sind die Schenkelgelenke bei *Phanaeus* gebaut. Schenkel- und Hüftaxe kreuzen sich auch da am ersten und zweiten Beine, am dritten ist blosse Überkreuzung zu sehen, sie fallen da nicht in eine Ebene.

Der axiale Ausschnitt an der Coxa zur Aufnahme des Trochanterzapfens ist am zweiten und dritten Beine, durch Vereinigung der beiden Klappen in einer Nath, als ringförmige Öffnung geschlossen, Fig. 31. Der darin gleitende Trochanterzapfen, Fig. 30 *B* und 32 und 31 *x*, ist am Ende etwas korkzieherartig gebogen, so dass er bei der Bewegung des Gelenkes nicht blos an- und aufsteigt, in Folge der Verschiebung entlang der Axe, sondern auch drehend sich darin verhält.

Durch die Verschmelzung der beiden Klappen am Ende der Coxa wird das Loch, durch welches der Trochanterkopf eingeschoben ist, Fig. 30 *A*, regelmässiger umschrieben und bekömmt scheinbar eine mehr laterale Lage in der Achselfläche. Der Rand dieses Achselausschnittes hat ferner keine so grosse Ascension, da die Coxa einen genau axialen Zapfen, d. h. einen Fortsatz, der mit seinem Ende bis zur Drehungsaxe reichen würde, nicht besitzt. Die

Fixirung des Schenkels fiele daher an diesem Axenende weg; dagegen ist der Trochanterfortsatz am anderen Ende in der axialen Öffnung der Coxa strenger eingezapft, und der Trochanter läuft mit seiner Halseinschnürung streng auf dem Rande des Achseleinschnittes, Fig. 30 *A*, *y*; weil dessen Ascension, wegen des Fehlens des axialen Coxafortsatzes, nicht zur Spitze eines Kegels geht, die Windung also nahe die einer Walzenschraube wird. Trochanterausschnitt und Rand der Öffnung sind in Radius und Ascension übereinstimmend, gleiten auf einander, ohne sich von einander zu entfernen. Das Gelenk bekömmt die Form eines Schraubenfalzes, wesshalb der Trochanter durch diese Leiste (*y*) des Achselausschnittes in seiner Verbindung festgehalten wird. In Figur 30 *A* ist die Femoralöffnung der dritten Coxa rechts von der Achselseite her abgebildet; man bemerkt die Regelmässigkeit ihrer Contour; das Fehlen eines bis zur Axe reichenden Fortsatzes, die Lage der Drehungsaxe bei *c* und die schraubige Leiste (*y*) des Achselausschnittes dieser Öffnung, die als Falzleiste in der Halsrinne des Trochanters, der Falzrinne läuft. Um diesen Falz übersehen zu können, ist es das beste, z. B. am dritten Beine das Femur vom Trochanter abzulösen, wodurch der Achselausschnitt ganz blossgelegt wird.

Am ersten Beine hat die Coxa noch einen axialen Fortsatz; da ist wieder die Ascension des Achselausschnittes schärfer, und desshalb bleiben dieser und die Halsfurche des Trochanter nicht immer im Contact.

Am Schenkel des ersten Beines fällt das Gedrungene seines Gelenkendes auf. Der Grund ist der: Der Fortsatz des Femur, welcher mit dem Trochanter den axialen Ausschnitt bildet, ist gross, wangenartig gewölbt und reicht beinahe bis zur höchsten Höhe des Trochanterkopfes, so dass dieser förmlich in einer Grube des Femurfortsatzes sich verbirgt. Der Schenkel des zweiten und dritten Beines ist dagegen schlank, ohne eine solche Wangenklappe, der Trochanter ist ganz frei, ohne Ausschnitt für den axialen Fortsatz der Coxa, der ja ebenfalls fehlt. Der Trochanterkopf bekommt an der freien von der Achsel abgewendeten Seite ein Segment einer Windung, welches in dem Ausschnitte der Coxaöffnung, Fig. 30 *A**, gleitend lauft und in seiner Richtung mit der der Halseinschnürung übereinstimmt. Auch diese Windung trägt dazu bei, den Trochanter in seiner Verbindung festzuhalten.

In Fig. 30 *B* und Fig. 32, bei noch stärkerer Vergrösserung, ist die Windung mit *w* bezeichnet; sie ist bei gebogenem Schenkel ganz sichtbar; bei gestrecktem (abgezogenem) in der Coxahöhle verborgen. Der mit *m 1* bezeichnete Rand des Trochanterkopfes ist der Ansatz des Streckmuskels; er ragt hakenartig in die Coxa hinein und tritt bei Ansicht des Gelenkes von oben, Fig. 31, und bei abgezogenem Bein über das Niveau der Thoraxöffnung hervor. Seine Krümmung und die kleine korkzieherartige Windung des axialen Trochanterfortsatzes sind gegenläufig, wie dies auch Fig. 32 ersichtlich macht. Wie mir scheint, ist auch da die Zugrichtung des Streckmuskels gleich der der Gangrichtung. Mit *m 2* ist in Fig. 30 *B* ein Grübchen bezeichnet, in welchem der Beuger (Anzieher) befestigt ist.

Auch das erste Gelenk des Schenkels von *Staphylinus* (auch *Silpha*) schliesst sich dieser Form an; der Trochanter hat ebenfalls einerseits einen axialen Fortsatz, anderseits eine axiale Incisur zur Aufnahme eines Coxafortsatzes, allein der Hauptunterschied liegt in der Coxa. Statt mit ihrem Längsdurchmesser an den Thorax sich anzulegen und um eine Axe, parallel mit ihm sich zu drehen, kehrt sie dem Thorax ihren Breitedurchmesser zu, und springt daher zapfenförmig vor. Die Verbindung der Coxa mit dem Sternum geschieht ohne

Pfanne und beide Ränder sind locker, nur durch Gelenkshaut mit dem Thorax verbunden. Die Schenkelgelenksaxe und Drehungsaxe der Coxa überkreuzen sich nur, und zwar in einem Abstande, der der ganzen Länge der Coxa entspricht.

Eine zweite Form des Schenkelgelenkes finde ich am dritten Beine der Schwimmkäfer, der Hydrophilen und Ditisciden.

Bekanntlich ist in der Familie der Ditisciden jede Beweglichkeit der Coxa am dritten Fusspaare geschwunden, indem sie sich mit dem Metasternum unbeweglich verbindet; das Charnier des Schenkels befindet sich in einem etwas über das Niveau des Abdomen hervorragenden Fortsatze der Coxa, mit beinahe vertical eingestellter Axe. Die Bewegungsebenen der beiden Schenkel sind parallel mit der Wand des Abdomen und schneiden sich in einem sehr stumpfen Winkel an dem Kiele desselben.

Löst man z. B. bei *Cybister Roeselii* durch Abbrechen der unteren Lefze der Coxa den Schenkel (Trochanter) aus, so findet man, dass sein Gelenkstück in der Richtung der Charnieraxe förmlich in eine konische Schraubenspindel verlängert ist. Sie ist, Fig. 33, vom rechten Beine abgebildet und zeigt folgende Theile: Die Basis, die nach unten steht, wird von einem Stück Windung gebildet, welche schraubig, an der rechten Seite linkswendig, gegen die Spitze ansteigt, die nach oben steht. Ist das Bein gebogen, angezogen, so steht diese Windung frei zu Tage. Ihre Contouren setzen noch eine Strecke weit, etwa bis zur halben Peripherie der Spindel, als Leisten die Windung fort. Die Furche, in die dann die Windung gleichsam einsinkt, ist Ansatz des Streckmuskels *(m 1)*. Der Spitze zu liegt an der Seite dieser Windung, mit ihr gleichlaufend, eine geglättete Furche, welche mehr als die halbe Peripherie der Spindel umkreist und aus der Basis der Spindel sich entwickelt; basal wird sie von der Windung, gegen die Spitze von einer Leiste begrenzt. Von dieser Leiste an spitzt sich der Trochanter mit einer schief abfallenden Fläche in einen stumpfen axialen Endfortsatz zu. Diese flache und theilweise auch die geglättete Furche sind von einem Spalte, der Thoraxöffnung der Coxa unterbrochen.

Trotz der verschiedenen Gestalt ist doch noch die Form daran nicht zu verkennen, die bei *Sc. Typhon* beobachtet wird.

Die Windung entspricht dem Helme des Trochanters, die Furche der Halseinschnürung, welche hier umfangreicher und genau mit der Windung gleichlaufend ist, der axiale Endfortsatz ist der axiale Zapfen des Trochanter. Die Basis der konischen Spindel ist dem axialen Ausschnitte des Trochanter entsprechend, da aber hier die Coxa keinen axialen Fortsatz besitzt, so verliert dieser Ausschnitt ganz die Form, die er bei *Typhon* hat, ja es bildet sich am Trochanter selbst axial mitten in der Basis ein kurzer Fortsatz aus.

Die beiden axialen Fortsätze der Trochanterspindel laufen in Grübchen der Coxa, deren eines in der unteren Öffnungsklappe der Coxa sitzt und den basalen Zapfen des Trochanters aufnimmt; das andere in der Tiefe der Gelenksöffnung an dem Blatte, welches dem Thoraxraum zu sieht. Nach Entfernung der unteren Klappe, die axial die Gelenksöffnung der Coxa deckt, gewinnt man die Ansicht dieses zweiten Grübchens und zugleich einer schraubig ansteigenden Leiste in der Öffnung, welche sich in die Furche der Coxaspindel einlagert und für diese das Muttergewinde vorstellt.

Die den Gang des Gelenkes am Trochanter bestimmende Furche und diese Leiste sind trotz der konischen Form des Trochanter kaum einer konischen Schraubenwindung gleich zu achten, so dass sie wohl nicht hemmend einwirken werden; und man bemerkt auch, dass

bei der grossen Excursion, die dieses Bein hat, die Bewegung erst durch das Anstemmen des Schenkels an die Coxa gehemmt wird.

Zur Erweiterung dieser Excursionen ist auch der Trochanter beiderseits eingeschnitten.

Den Übergang zur Form bei *Ditiscus* macht das Schenkelgelenk des dritten Beines von *Hydrophilus.* Die Bestandtheile des axialen verlängerten Trochanters sind dieselben; Windung, Furche und Zapfen kommen vor, doch ist der Trochanter als Ganzes nicht in der ganzen Peripherie entwickelt; er ist gleichsam nur eine halbe Spindel, deren convexe Fläche mit der Windung und Furche in Fig. 34 abgebildet ist. Die von der Windung contourirte Basis, der Lage nach dem Ausschnitte vom Femur bei *Typhon* entsprechend, wird Fig. 35 erläutern. Das axiale Zäpfchen stellt sich bei dieser Ansicht als schneckenförmig gewundene Faltung des Trochanter-Integuments dar, zwischen welchem und der Windung, beinahe im Halbkreise, eine geglättete Ringfurche sich bildet. Da die Windung einer Schraube angehört, wird natürlich auch die Ringgrube, die sie einschliesst, nach der Spitze (oberem Ende) des Trochanter ansteigen, d. h. sich vertiefen.

Das die Gelenksöffnung deckende Blättchen der hier beweglichen Coxa hat zunächst ein Grübchen zur Aufnahme des axialen, gewundenen Zäpfchens der Trochanterbasis, und peripherisch ein erhabenes Ringsegment, das in die Ringgrube des Trochanters sich einfügt.

Dadurch, dass sich bei dieser Gelenksform beiderseits am Trochanter axiale Fortsätze bilden, die in zwei Randleisten an der Gelenksöffnung der Coxa eingezapft sind, bildet sie schon den Übergang zu den Femorotibialgelenken mit seitlicher Symmetrie; die Ähnlichkeit mit den Femorotibialcharnieren wird nur noch auffallender bei der dritten Form von Schenkelgelenken, welche am dritten Beine von *Procrustus coriaceus* sich findet.

Hier ist schon der Trochanter selbst beiderseits vollkommen symmetrisch geworden. Der Kopf des Trochanters, Fig. 37 *B*, bei zwanzigfacher Vergrösserung, wird becherförmig, bekömmt am Rande beiderseits axiale Faltenfortsätze, welche schraubig und zwar beiderseits gegen das Ende der Axe, also symmetrisch ansteigen; die Windung des oberen Fortsatzes ist daher gegengängig der Windung des unteren Fortsatzes, und zwar am linken Bein unten, wie die Fig. 27 zeigt, rechtsgängig, oben linksgängig. Offenbar kann diese Einrichtung mit ein Hemmungsapparat sein: analog den Schrauben am Femorotibialgelenke von *Calandra palmarum.*

Die Schenkelöffnung der Coxa ist auch symmetrisch, sie wird von zwei Randleisten gebildet, welche an der eingeklappten Integumentduplicatur Grübchen zur Aufnahme der axialen Trochanterzapfen besitzen (Fig 37 *A*). Diese Leisten gehen hier wie am Femorotibialgelenke in die Contouren der Achselfläche über, in welche sich der angezogene Schenkel hineinlegt.

Ein Durchkreuzen der Axe des Schenkelgelenkes mit der Coxa kommt weder bei *Hydrophilus* noch bei *Procrustes* vor, sie überkreuzen sich nur.

Die vierte Form des Schenkelgelenkes fand ich bis jetzt nur am dritten Beine von *Buprestis gigantea*, sie lässt sich mit keiner der bis jetzt besprochenen vergleichen.

In der Öffnung der unbeweglichen Coxa steht senkrecht ein von der unteren Seite aufsteigender axialer Stift (Fig. 36 *A*), der aber den oberen Rand der Öffnung nicht erreicht, und sie daher nur unvollkommen in zwei Theile theilt. Er ist ein Walzensegment, das nach dem Thoraxraume geöffnet, als blosse Faltung des Integumentes sich erweist. Der Trochanterkopf

(Fig. 36 *B*), durch einen engen Hals geschieden, ist nicht becherförmig, mehr als Haken oder Helm gebogen, mit beugewärts gewendeter Öffnung. Der untere Rand entsendet wieder axial einen rinnenförmigen Fortsatz, dessen Concavität an die Convexität des Coxazäpfchens sich anlegt und bei der Bewegung um ihn dreht. Die Convexität kehrt er der Coxahöhle zu. Nur der untere Theil seiner Furche ist geglättet, der obere dicht mit Haaren besetzt, wesshalb die gleitende Bewegung zwischen den beiden Fortsätzen nur unten Statt findet. An den Rändern beider Fortsätze und im Umkreise beider Öffnungen ist die Gelenkhaut befestiget.

Hier kommt es also zur Bildung einer Art Gelenkhöhle, welche aber nicht geschlossen, sondern durch eine Spalte am Ansatze beider Fortsätze von aussen zugänglich ist. Am zweiten Schenkelgelenke fand ich den Schenkel durch zwei in der Coxaöffnung diagonal gestellte Zapfen fixirt, welche in axiale Gruben am Trochanterkopfe eingreifen.

Wahrscheinlich dürfte eine Durchsicht zahlreicherer Käferformen zur Kenntniss noch anderer Formen des Schenkelgelenkes führen. Unter den beschriebenen haben drei Formen wieder die Verwendung der Schraube als Gelenkskörper nachweisen lassen. In mehrfachen Abänderungen als Gangkörper verwendet, gibt sie auch einen Hemmungsapparat ab. Dass auf einem Gelenkkörper gegenläufige Schraubenstücke vorkommen, ist bis jetzt ohne Beispiel gewesen. Der Effect dieser Anordnung kann freilich ein kaum bemerkbarer sein, da die Schraube nur in mikroskopischer Grösse vorkommt. Der Grund ihrer Bildung dürfte ein mehr morphologischer als mechanischer sein. Alle lateralen Faltungen zeigen eine kleine Torsion und bei genauer Symmetrie dieser Gelenksstücke an den Axenenden dürfte die Gegenläufigkeit der Torsion, daher mehr Ausdruck der Symmetrie sein.

Von Gelenkformen bei Käfern dürften noch die sogenannten freien Gelenke, à tête perforée nach Straus-Durkheim zu besprechen sein; ausser an den Antennen, und vielleicht auch den Tarsen, finden sie sich nur in der Symmetrieebene des Leibes.

Die reinste Kugelform der Articulationsflächen finde ich am Kopfgelenke von *Calandra palmarum*. Die Bewegungsexcursionen des Kopfes sind nach allen Richtungen möglich, doch sind die Excursionswinkel nur klein, da sich die Gelenkshaut baldigst anspannt. Eine Drehung um die horizontale Längsaxe führt gleich zur Torsion der Gelenkshaut. So klein der Excursionswinkel auch ist, so werden sie für den Mund desshalb ausgiebig, weil er am Ende des langen rüsselförmigen Kopfes sitzt.

Auch die Umrisse des Kopfes bei *Procrustes* sind mehr kreisförmig und stellen ein ringförmiges Segment einer Kugel vor. Meistens aber sind die Bewegungen des Kopfes wohl nur auf eine Veränderung der Neigung zum Horizonte berechnet, da bei einer Reihe grösserer Formen, die ich in dieser Beziehung durchsah, stets der Querdurchmesser des geglätteten Hinterkopfes grösser ist als der Höhendurchmesser. Der Querschnitt ist eine Ellipse, und ich vermuthe, dass die geglätteten Flächen Theile eines Umdrehungsellipsoides sind, entstanden durch Umdrehung um die längere Axe.

Hydrophilus, *Lucanus*, *Buprestis* zeigen alle einen elliptischen Querschnitt. Bewegungsversuche an frischen oder aufgeweichten Käfern zeigen, dass mit Beibehalt des Contactes nur Bewegungen um diese horizontale Queraxe möglich sind.

Der Kopf von *Sc. Typhon* berührt oben nur in einem schmalen Ringe den Thorax. Die Peripherie des Querschnittes dürfte wohl ein Kreis sein; doch sind alle Dreh- und

Seitenbewegungen ganz ausgeschlossen durch einen abgerundeten Wulst, welcher unten am Kopfe median und sagittal liegt, und in der Symmetrieebene in eine Furche des Prothorax eingefügt ist.

Diese Vorrichtung dürfte die Bewegungen des Kopfes zu sichern haben, da der Käfer mit seinem Horne im Mulme wühlend gegen Widerstände anzukämpfen hat.

Betreffs des Gelenkes zwischen Prothorax und Mesothorax, welches gelegentlich wie bei *Sc. Typhon*, kreisförmig construirte Durchschnitte des Gelenkskopfes am Mesothorax ergibt, ist seine Beziehung zu den Flügeldecken bemerkenswerth. Da der Gelenkskopf mit von den Einlenkungsstücken der Flügeldecken gebildet wird, so können diese nur dann abgehoben werden, wenn der über den Kopf geschobene Ring des Prothorax darüber weggleitet, also nur bei niedergebeugtem Prothorax. *Lucanus*, *Typhon* zeigen dies.

Wie das Scutellum die Entfaltung der Flügeldecken gelegentlich bleibend hemmen kann, z. B. bei den Cetoniaden, ist bekannt.

Flacht sich der Leib des Käfers ab, dann ist mit Bestimmtheit jede andere als die neigende Bewegung ausgeschlossen, so im Maximo bei den Elateriden. Die Sprungfähigkeit dieses Thieres ist mit von dem Stachel der Vorderbrust bedingt, der plötzlich in die Grube der Mittelbrust abgleitet; allein eine nicht minder wesentliche Bedingung für das Gelingen des Sprunges ist die Muskelspannung. An Thieren, die z. B. durch Chloroform getödtet wurden, kann man erst dann das mit Schnellen verbundene Abgleiten des Stachels nachahmen, wenn die Vorderbrust eng an die Mittelbrust angedrückt wird, so lange das nicht geschieht, geht der Stachel in der Grube aus und ein, ohne einen Widerstand zu finden. Das Thier kann daher den Prothorax mit dem Kopfe neigen, ohne das Abschnellen des Stachels. Offenbar geschieht die Bewegung in beiden Fällen um eine andere Axe. In dem Falle, wo die Bewegung ohne zu schnellen geschieht, sieht man zwischen Vorder- und Mittelbrust einen Zwischenraum, im anderen Falle, beim Schnellen, zieht es die Vorderbrust eng an die Mittelbrust an. Das Thier erzeugt, so zu sagen, eine Incongruenz der Gelenkflächen, es verschiebt einleitend zum Sprunge den Excursionskreis des Stachels gegen die Curve der Pfanne des Mesothorax, so dass die Centra beider nicht mehr zusammenfallen.

Wahre Kugelsegmente sind auch die Gleitflächen der Antennenglieder bei den Cerambiciden. Die Köpfchen sitzen an dem centralen verjüngten Ende der Glieder und ruhen in kugeligen Schalen des etwas breiteren peripherischen Endes der Glieder. Glied für Glied ist durch allseitige, trichterförmige Faltenbildung (Gelenkshaut) in das andere geschoben. Die Beweglichkeit ist allseitig, natürlich sehr beschränkt. Das zweite Antennenglied hat z. B. bei *Hamatichaerus* über dem Gelenksköpfchen noch ein zweites Knötchen. Vom zweiten Gliede an ist die Gelenksöffnung quer auf die Längsrichtung jedes Gliedes; das erste Glied trägt aber die Öffnung schief, wesshalb bei manchen Stellungen die Fühler scharf, knieförmig an diesem Punkte geknickt werden können.

Die Gelenkköpfchen der Tarsalglieder bei *Typhon* (Fig. 38 *A* und *B*) finde ich nicht kugelig geformt, eher kurz cylindrisch, durch eine kleine Halseinschnürung von dem Körper des Gliedes geschieden. An der dorsalen Seite der Halseinschnürung ist eine Art Achselfläche. Die Köpfchen (*B*) liegen auch da am centralen Ende, die Gelenköffnung (*A*) peripherisch; letztere ist schief auf die Längsrichtung des Gliedes, gegen die Plantarseite sehend aufgesetzt, wesshalb die Summe der Tarsalglieder immer plantarwärts concav gebogen ist. Die Excursion dorsalwärts wird erst durch die Achselfläche unter dem Köpfchen möglich,

doch geht sie nicht weiter, als bis zur geradlinigen Form des ganzen Tarsus. Die Achselfläche zeigt, dass die Winkelexcursion eine dorsal-plantare Richtung hat; fixe, axiale Punkte sind an diesen Gelenken nicht zu sehen, sie treten erst da auf wo das Gelenk zu einem straffen Charniere sich umgestaltet, wie an den Tarsen der Hinterbeine bei Schwimmkäfern.

Die Öffnungen der Tarsalglieder von *Typhon* sind von einer winkelig eingebogenen Duplicatur des Integumentes eingerahmt, an dem sich die Gelenkshaut befestiget.

Was die Beweglichkeit der Flügel und Flügeldecken bei Käfern betrifft, so kann man da, namentlich an den Flügeln von keinen eigentlichen Gelenken sprechen; was man darunter versteht, sind blosse Knickungen der festen Stäbchen, die durch Gelenkshaut locker verbunden sind. Da die Einknickung des Flügels nach der Breite und zugleich mit Torsion vor sich geht, so legt sich der Flügel auch in Längsfalten, und die Knickungsstellen des Flügels können nicht in eine Linie allein fallen. Die Knickung geschieht etwas vom Ansatze entfernt, es werden daher von den Stäbchen kleine Stückchen in der Wurzel des Flügels gleichsam abgebrochen liegen; sie haben eine ungleiche Länge und wurden von Straus-Durkheim mit verschiedenen Namen bezeichnet.

Von **andern Insecten** untersuchte ich den Gelenksbau nur mehr an einzelnen grösseren Species mehrerer Ordnungen. Unter Orthoptern bei *Acridium cristatum*, *Locusta verrucivora*, dann den Grabfuss von *Gryllotalpa;* unter den Lepidoptern bei *Saturnia;* den Neuroptern bei *Aeschna;* unter den Hymenoptern bei *Xylocopa*, *Bombus*, *Vespa Crabro* und *Foenus*.

Die Käfer haben offenbar den anatomisch am vollkommensten entwickelten Gelenksbau, selbst bei den Hymenoptern sind die Gelenke ohne Gleitflächen, es zeigen sich nur axiale fixe Punkte und das Schema des Gelenksbaues ist von dem bei Krebsen kaum wesentlich unterschieden; die einfache axiale Faltung des Integumentes ist nicht nur die Grundform der meisten dieser Gelenke, sondern auch kaum mehr ausgebildet. Zwischen Trochanter und Femur tritt sehr häufig wieder Beweglichkeit auf, so selbst an den Beinen der höheren Hymenopteren, z. B. bei *Xylocopa*, *Bombus* (Fig. 39, 40). Die Coxae articuliren nicht mehr in Pfannen der Brustringe wie bei den meisten Käfern, sondern sind nur durch Gelenkhaut mit den ventralen Öffnungen oder Zwischenräumen der Brustringe verbunden. Nur selten steht die Drehungsaxe der Coxa parallel zu ihrem längeren Durchmesser, meistens articulirt sie mit ihrem Breitedurchmesser am Thorax (Fig. 39 von *Bombus* das dritte Bein) und die Coxae ragen zapfenförmig vor, wie dies auch unter den Käfern z. B. die Staphiliden, Silphiden zeigen, und wie es bei Ichneumonen meist sich findet.

Am zweiten Beine von *Bombus* und *Xylocopa* (Fig. 39) finde ich die Coxa nach ihrer Länge mit dem Thorax gelenkig verbunden, doch gleiten sie nicht in Pfannen, sie sind nur axial fixirt.

Die Trochanteren sind auf die bei Käfern beschriebene Weise in die Coxa eingelenkt, ihre Achselflächen ebenfalls schraubig, gegen einen axialen Fortsatz der Coxa ansteigend. Durch diese Einrichtung sind die Axen des Hüft- und Schenkelgelenkes wieder bis zum Durchkreuzen einander nahe gebracht.

Die Excursion des zweiten Beines ist wie die des ersten nach vorne gerichtet, zum Unterschiede von den Käfern, bei denen blos das erste Bein mit nach vorne gerichteter

Excursion ausgestattet ist; desshalb stimmt die Form der Coxa am zweiten Beine links von *Bombus* in seiner Topik mit der zweiten Coxa rechts von *Sc. Typhon* überein. (Vgl. Fig. 19 mit Fig. 39.)

Die Femorotibialgelenke sind an ihren Seiten nur selten asymmetrisch, die Grundformen ihrer Glieder stimmen mit denen der Käfer überein und sind nur in der axialen Einlenkungsweise verschieden, so findet man bei *Locusta* und *Acridium* (Fig. 41) die Tibia am Gelenkende knieförmig geknickt mit beugewärts gerichteter Öffnung, beiderseits erhebt sich am Mundsaume ein zugespitzter Fortsatz, der als axiale Faltung breit aufsitzt und scharf gespitzt endigt; sein gerader, oberer Rand ist axial eingestellt und durch einen Ausschnitt vom oberen Saume der Öffnung geschieden.

Dieser Falte der Tibia ist eine Falte innen am Schenkel gegenübergestellt; einwärts vorspringend, bildet der Faltungswinkel aussen eine Furche, welche beugewärts ein Stück der Schenkelwand abgrenzt, dieses springt klappenartig vor, und streicht bei der Bewegung seitlich an der Tibia vorbei, es stemmt sich im Maximo der Flexion an ein Höckerchen der Tibia an, welches beiderseits unter dem axialen Fortsatze vorsteht.

Die Hemmung im Maximo der Streckung geschieht durch das Anstemmen des oberen Öffnungscanales des Femur an das Knie der Tibia.

Bombus, *Vespa*, *Aeschna*, *Saturnia* zeigen im Wesentlichen denselben Bau ihres Femorotibialgelenkes. Bei *Gryllotalpa* dagegen, an dessen Grabbeine die Glieder nicht auf einander klappen, sondern seitlich an einander wegstreichen und sich schichten, geht die Symmetrie beider Seiten aus demselben Grunde verloren, wie an der Coxa der Käfer. Es bekommen die Gelenksöffnungen schraubige Achselausschnitte, wie in Fig. 43 an der Coxa zu sehen; die Achselflächen werden theilweise Gleitflächen. Die Coxa und das Gelenk bekömmt Ähnlichkeit mit dem Gelenke zwischen *P 1* und den vereinigten *P 2* und *P 3* an der Krebsschere.

Die gegebene Beschreibung einzelner Gelenksformen beabsichtigt, wie gesagt, nur im Allgemeinen den Gelenksbau bei den Arthrozoen zu erläutern und macht keinen Anspruch, eine Übersicht aller, selbst nicht der Repräsentantenformen zu sein. Ich zweifle nicht, dass eine systematische Revision der Gelenke dieser Thiere, mit Rücksicht auf ihre Locomotionsweise noch eine höchst interessante Ausbeute ergeben würde.

Schon aus der Beschreibung dieser geringen Zahl von Gelenksformen dürften sich ganz allgemein einige Bemerkungen über die Gesetzmässigkeit und die Bedingungen ableiten lassen, welche dem Gelenksbaue bei Arthrozoen zu Grunde liegen.

1. Die Gliederung des Arthrozoenleibes beruht zunächst auf der Unterbrechung des harten Skeletes durch weiches, nachgiebiges Integument, welches unter dem Namen Gelenkshäute bekannt, Glied für Glied des harten Integumentes verbindet.

2. Die einzelnen Glieder sind wie aufgeschichtete Trichter in einander theilweise eingeschoben, so dass das kleinere Ende des peripherischen Gliedes von dem erweiterten Ende des centralen so weit umfasst wird, als es das weiche, eingestülpte Integument gestattet. Ist ein Theil dieses so eingestülpten Integumentes noch hart, so kömmt ein, innen fester Trichter zu Stande, der als vertiefter Rahmen die Öffnung des centralen Gliedes umgibt und eine Art Pfanne bildet, in der das centrale Ende des peripherischen Gliedes als Gelenkskopf lagert.

Die Haltbarkeit der Fuge hängt von der Resistenz des eingestülpten Trichters und der Musculatur ab. Geben beide nach, wie an den Abdominalringen vieler Insecten, z. B. während

der Eibildung, so werden die Glieder aus einander gedrängt, und das weiche, bisher verborgene Integument tritt an die Oberfläche heraus.

3. Ist der eingestülpte Trichter hinreichend resistent, so kommt eine Gelenkbildung à tête perforée zu Stande, die, wenn die sich berührenden Theile kugelig sind, das Glied in seinen extremen Excursionen als Radien eines Kegelmantels zu lagern gestatten, wie dies zwischen Kopf und Prothorax, manchmal auch zwischen Prothorax und Mesothorax, zwischen den Antennengliedern und theilweise (Fig. 38) zwischen den Tarsalgliedern der Fall ist.

Ellipsoidale Gestalt der Glieder weist der Bewegung schon bestimmte Axen an. Volle Strenge der Excursion ist aber mit dieser Art Charnieren noch nicht verbunden.

4. Erst wenn beide Glieder durch besondere Vorrichtungen an zwei Punkten fixirt, straff vereiniget sind, kömmt es zur Bildung eines strengen Charnieres mit grösserer Excursionsweite, nämlich zu jener, für die Arthrozoen so charakteristischen Gelenksform. Das Abdomen der langschwänzigen Krebse lässt sich nicht mehr verlängern, und der Bewegung ist eine unveränderliche Axe durch die straffe Fixirung der Ringe an ihren beiden Seiten angewiesen.

Die beiden fixen Punkte bezeichnen die Lage der Drehungsaxen. Die Faltung der Gelenkshäute ist ungleichförmig, an den beiden axialen, fixen Punkten sind sie straff, in der Excursionsrichtung dagegen beiderseits lang und nachgiebig.

Die Fixirung geschieht hier nur durch die axialen straffen Ansätze der Gelenkshaut.

5. Um diese axialen Fixirungspunkte zu vermehren, bildet das feste Integument beiderseits in der Axenrichtung nach aussen und ins Innere der Röhre vorspringende Falten. Die an den axial eingestellten Rändern der Falten kurz angeheftete Gelenkshaut, deren Spannung kaum verändert wird, sichert so in grösserem Umfange den festen Verband beider Glieder. Der Contact ist also nur axial, Gleitflächen sind keine wesentlichen Bestandtheile dieser Gelenksform (Fig. 1, 2), die am häufigsten bei Crustaceen und niederen Insecten vorkommt.

6. Bilden sich die axialen Falten des einen Gliedes zu geschlossenen Zapfen aus, so trägt das andere Glied axiale Gruben, in welchen die Zapfen lagern. So bei manchen Crustaceen (Fig. 3).

Mit dem Flächen-Contact treten hier schon Gleit- oder Gelenkflächen auf, die verschieden sich gestalten, stets aber in der Bewegungsebene kreisförmig contourirt sind. Es gibt Gleitflächen, die an den Axenenden vertheilt, bald als Zapfen und Gruben auftreten, bald strenge Falze vorstellen (Fig. 4, 5, bei Crustaceen, Fig. 10, 11, 12; Fig. 22). Bei Insecten ist in diesen Fällen die Fixirung der Glieder den in einander greifenden Fortsätzen des harten Integumentes selbst übertragen.

Gelenkswalzen mit theilweise geglätteten Flächen, finde ich nur an den Coxen der Käfer und vielleicht einiger Hymenopteren, wo diese Glieder in grubige Pfannen des Thorax eingesenkt sind und an deren Flächen und Rändern dicht vorbeistreichen (Fig. 15, 16, 21).

Auf das Schema der Zapfen- und Falzcharniere mit axialer Faltung und Buchtung des Integumentes lassen sich alle Gelenke der Arthrozoen zurückführen.

7. Wie bei den Knochen die Gelenksenden, so sind hier für die Formen der einzelnen Skeletstücke wesentlich bestimmend die Contouren der Endöffnungen, namentlich die bald symmetrisch bald asymmetrisch angebrachten Vorsprünge derselben, welche meistens die axialen Gleitflächen tragen und wahre Duplicaturen des harten Integumentes sind.

Lage und Formen der Berührungsflächen zweier gegen einander gebogener Glieder, und die Achselflächen modificiren durch Abflachung der Wände ihre cylindrische Grundform.

Die gegebenen Gestaltungen der Skeletstücke lassen sich bei den Arthrozoen leicht mit den Bewegungsverhältnissen der einzelnen Gelenke und der ganzen Beine in Causalnexus bringen, und damit könnte vielleicht an diesen einfacheren Formen brauchbares Materiale gewonnen werden für Versuche, die viel verwickelteren Knochenformen der höheren Thiere zu deuten.

Die anatomische Beschreibung hat ergeben, dass es bei den Arthrozoen zwar stellenweise, namentlich in der Symmetrieebene und an den Antennen Gelenke gäbe, welche freie Gelenke genannt werden können, weil sie wirkliche Kugelgelenke sind, doch ist ihre Excursionsweite nur gering, und gerade sie sind gänzlich von den Locomotions-Organen ausgeschlossen, welche durchgehends nur einaxige Gelenke haben. Trotzdem ist aber doch an den Beinen die Richtung und der Umfang der Bewegungen häufig von der Art, wie sie bei den Wirbelthieren nur durch Kugelgelenke erzielt werden.

In diesem Falle ist der gleiche Erfolg in der Gelenkigkeit offenbar nur der Combination der einaxigen Gelenke zuzuschreiben.

In wieferne bei den Arthrozoen die Combination der Gelenke auf Umfang und Richtung speciell der Beinbewegungen Einfluss nimmt, soll nun untersucht werden.

Vorerst dürfte eine Verständigung nothwendig sein über den Massstab, nach dem man die Beweglichkeit eines Gliedes oder Leibestheiles, insbesondere eines Beines zu bemessen habe. Ich glaube, dass in dieser Beziehung für das einzelne Gelenk die Excursionen des Endpunktes des mobilen Gliedes und für die Beweglichkeit eines Beines die Excursionen seines Endgliedes (eigentlich eines bestimmten Punktes desselben) massgebend sein dürften. Mag ein Bein welche Bestimmung immer haben, der Erfolg der Bewegung hängt zunächst von der Situation des Endgliedes ab. Den besten Massstab für die Beweglichkeit werden also abgeben: Die Wege, welche der Endpunkt eines beweglichen Gliedes, oder der Flächenraum, den dieser Endpunkt, oder das Endglied eines Beines durchschreitet, oder endlich der Raum, welchen das Endglied eines Beines nach allen Richtungen des Raumes beherrschen, und in welchem es in beliebigen continuirlichen Linearcomplexionen verkehren kann.

Es müssen also vorerst die Verkehrslinien, die Verkehrsflächen und der Verkehrsraum bestimmt werden, wenn über die Beweglichkeit eines Gliedes oder Beines geurtheilt werden soll.

Die Excursion eines einaxigen Gelenkes ergibt (abgesehen von der Schraube) für die Bewegung des Gliedendes den Kreis, der im Hin und Her durchschritten werden kann.

Die Excursion eines Kugelgelenkes, die Kugelfläche, welche das Gliedende in beliebigen sphärischen Linien und continuirlichen Linearcomplexionen und in beliebiger Richtung hin und her durchschreiten kann. Die Länge des Gliedes bedingt den Radius des Kreises oder der Kugel, der Excursionswinkel, die Länge des Bogens oder die Contouren der Fläche. Liegt auch ein solches Kugelgelenk an der Wurzel eines Beines, so hat dieses doch erst dann eine vollkommen freie Beweglichkeit, wenn sein Endglied an jeden Punkt des abgegrenzten Kugelraumes gebracht werden, und darin auf jedem beliebigen

Wege verkehren kann. Dies ist offenbar erst dann der Fall, wenn das Bein in sich zusammengebogen werden kann, also selbst durch eine Zahl Gelenke in einzelne Abtheilungen Glieder zerfällt.

Die menschliche Hand als Endglied der Extremität, kann wirklich in jeden Punkt des Raumes gebracht werden, den die sphärische Excursionsfläche des Schultergelenkes mit der ganzen Länge der Extremität als Radius begrenzt; sie erreicht dies schon durch die Gliederung im Ellbogengelenke. Das Centrum der Excursionskugel, das Schultergelenk, wäre für die Hand nur erreichbar bei einer Excursion des Ellenbogengelenkes um 180 Grad, und gleichem Abstande desselben von dem Schulter- und Handgelenke. Beiläufig bemerkt, bringt die weitere Gliederung der oberen Extremität im Radialgelenke und den Handgelenken den Vortheil, dass die Hand jeden Punkt des Raumes allseitig zu umfassen vermag.

Die Abschnitte der Excursionscurven, Flächen und Räume werden bei der symmetrischen Anordnung der Beine von rechts und links, vorne und hinten symmetrisch zu einander gestaltet sein, nur unter bestimmten Bedingungen wird Congruenz derselben eintreten.

Da alle Gelenke an den Beinen der Arthrozoen Charniere sind, so kann nur die Beweglichkeit der ganzen Beine, nicht die der einzelnen Gelenke fraglich sein, und die Aufgabe der Untersuchung ist: die Fläche oder den Raum zu bestimmen, in welchem das Endglied verkehren kann. Selbstverständlich wäre sie nur speciell nach der Art, wie die Thiere ihre Beine verwerthen, nach Bau und Lebensweise zu behandeln. Ich beabsichtige aber nur im Allgemeinen auf die Beantwortung dieser Fragen einzugehen, die bestimmenden Momente zu würdigen und nur an einzelnen Beispielen zu erläutern.

Offenbar werden auf die Beweglichkeit eines Beines (oder gegliederten Leibestheiles) Einfluss nehmen:

1. Bei gegebener Länge desselben die Zahl der Charniere und Länge der einzelnen Glieder.
2. Die Situation der Drehungsaxen.
3. Die Richtung und Grösse der Excursionsfähigkeit.

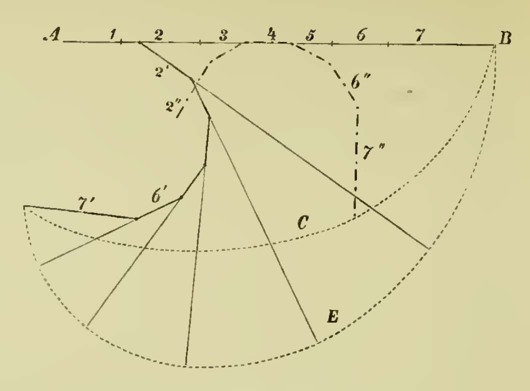
Der einfachste Fall von Combination der Charniere, bei gegebener Länge und gegebener Anzahl der Gelenke, blos rücksichtlich der Situation der Axen ist der, wenn alle Axen unter sich parallel und rechtwinkelig zur Richtungslinie der Glieder gestellt sind. In diesem Falle werden auch die Bewegungsebenen aller Gelenke parallel sein oder in eine Ebene zusammenfallen; mag dabei die Excursionsrichtung und Weite der einzelnen Gelenke wie immer sein. Das Endglied wird nur in der Fläche herum geführt werden können.

Die Art der Excursion, als: ihre Richtung, Weite, so wie auch die Aufeinanderfolge der einzelnen Excursionen werden die Form der äussersten Curven, also die Contouren des Verkehrsterrains für das Endglied bestimmen.

Je mehr das Bein der extremen Streck- oder Beugelage aller Gelenke sich nähert, desto mehr nimmt der Umfang der Gesammtexcursionen ab. Das Verkehrsterrain wird beiderseits in einen mehr oder weniger spitzigen Winkel endigen, welcher durch die beiden äussersten Verkehrslinien erzeugt wird, die sich in den Punkten der extremen Stellung des Endgliedes schneiden.

Denkt man sich zunächst das Bein in Maximo eingebogen, alle Streckexcursionen gleich gerichtet, und das Bein so entfaltet, gestreckt, dass die volle Excursion vom Gelenke des Endgliedes durch alle, bis zum Basalgelenke fortschreitet, so wird das Endglied eine

continuirliche Curve beschreiben, die mit wachsendem Radius ihrer Theilchen zur Streckseite sich bewegt, einerseits im Punkte der grössten Flexion ihren Ausgangspunkt, im Punkte der grössten Extension ihren Endpunkt hat. Offenbar wird sich diese Curve als eine Abwickelungslinie herausstellen, u. z. jener Curve, welche die Drehungspunkte der einzelnen zusammengebogenen Glieder (Durchschnittspunkte der Axen) verbindet, wie dies beiliegende Figur versinnlicht, wo AB die Richtungslinie des gegliederten gestreckten Leibestheiles vorstellt, in den Gliedern 1 . . . . . 7, welche in gebogener Lage mit 2′ . . . . 7′ bezeichnet sind. E ist die Evolvente für den Endpunkt des letzten Gliedes.



Denkt man sich dagegen die Streck-Excursionen vom Basalgelenke gegen das Endgelenk fortschreiten, so wird eine Curve zu Stande kommen, die in der Figur mit C bezeichnet ist, denselben Ausgangs- und Endpunkt hat, und vom Endpunkte 7 nach Art einer Cycloide beschrieben wird, deren Wälzungscurve durch die Verbindungscurve dargestellt wird, welche die Axenpunkte des eingebogenen Leibestheiles vereiniget, also 1 . 2′ . . . . 7′ und bei fortschreitender Bewegung in die Lage 2″ . . . . 7″ kommt. Die Abrollung geschieht von AB der Richtungslinie des gestreckten Leibestheiles.

Der Zwischenraum der beiden Curven E und C ist das Verkehrsterrain für den Endpunkt des letzten Gliedes. In diesem kann er jede Position annehmen, aber die beiden Contouren kann er nie überschreiten. In diesem Raume kann er in jeder Linie und jeder continuirlichen Linearcomplexion verkehren, die in der Ebene ausführbar ist.

Der Endpunkt kann eben so gut eine, wie immer gerichtete gerade Linie, und wo immer in diesem Raume auch einen Kreis beschreiben, nur werden die Radien des letztern da um so grösser sein können, wo die Contourcurven grösseren Abstand haben, beide sind nur ausführbar, wenn mehrere Gelenke an der Bewegung Antheil nehmen, und einige positiv andere negativ, hin und her gleichzeitig excurriren. Die Geraden und die Theilchen des Kreises sind die Diagonalen zweier oder mehrerer winklich gegen einander gestellter Glieder, welche die Hälften eines oder mehrerer Parallelogramme vorstellen; und daher nur möglich bei gleichzeitigen entgegengesetzten Excursionen mindestens dreier Gelenke, wo die Excursion des mittleren die Summe ist der Excursionen der beiden andern. Je freier die Excursion im Kreise sein soll, je grösser nämlich sein Radius, desto mehr muss der Leibestheil vorbereitend schon gebogen sein. Es sind also die Mittellagen, die die freieste Bewegung gestatten; je mehr das Bein gebogen oder gestreckt ist, desto kleinere Kreise kann das Endglied beschreiben.

Die übrigen Verhältnisse der Gelenkscombination, wie Länge der Glieder, Excursionsweite der einzelnen Gelenke, werden die Form der Grenzlinien des Verkehrsterrains bestimmen. Die Linie C kann selbst mehrfach geknickt sein.

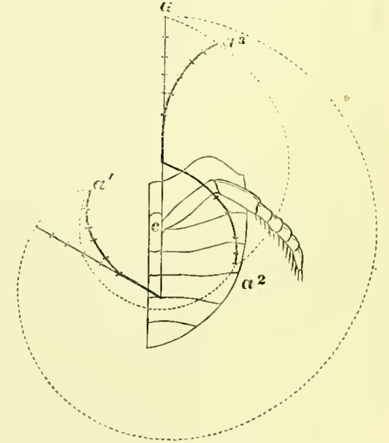
Beispiele dieser Gelenkscombination sind nicht selten. Eines der einfachsten bietet das Abdomen der langschwänzigen Krebse. In Fig. 44, Taf. III, sind auf der Richtungslinie des Leibes AB die Durchschnittspunkte der sechs Drehungsaxen zwischen den mit 1 . . . . 6 bezeichneten Abdomialringen und der Endflosse markirt. Jedes Glied ist gegen das andere in einem Winkel von 30 bis 35 Grad in gleicher Richtung zu beugen, und die Flosse

hat eine Excursion von etwa einem rechten Winkel. Das fünfte Glied ist an dem mir vorliegenden Exemplare am kürzesten, die andern so ziemlich an Länge gleich. Jedes der Gelenke, um 30 bis 35 Grad gebogen, ergibt die in die Contouren des gebogenen Leibes eingezeichnete, ihre Drehungspunkte verbindende Curve (eigentlich Polygon). *E* ist die Abwickelungslinie, in der sich das Flossenende zur Streckung bewegt, wenn die Streckung vom Flossengelenke aus auf die übrigen fortschreitet. *C* ist die cycloidartige Curve, welche das Flossenende beschreibt, wenn die Extension des Abdomens zwischen dem ersten und zweiten Gliede beginnt und gegen das Flossengelenk fortschreitet. Natürlich werden dieselben Wege beschrieben, wenn die Beugung in umgekehrter Reihenfolge der Gelenke eingeleitet wird.

Schnellt ein Krebs seinen Schweif, so beschreibt das Flossenende stets die Abwicklungslinie. Hemmt man die Bewegung, so werden die Streckbewegungen zuerst zwischen den ersten Ringen eingeleitet; die erstere Bewegungsform dürfte wohl die sein, welche das Thier für die Mechanik seiner Locomotion, theils in der Beugerichtung beim Schwimmen, theils in der Streckrichtung beim Sprunge ausbeutet.

Ähnliche Anordnungen zeigen die Axen an den Fingern und Z e h e n der W i r b e l t h i e r e. An den Zehen der Vogelbeine lässt sich die Abwicklungslinie als äusserste Verkehrslinie des letzten Gliedes direct erzeugen durch Zug an den Streck- und Beugesehnen.

Die Schwimmbeine der Ditisciden und, wenn man von der Beweglichkeit des Hüftgelenkes absieht, auch die Schwimmbeine der Hydrophilen sind weitere Beispiele dieser Gelenkscombination. Die grosse Excursionsfähigkeit der Schenkelgelenke gestattet dem gestreckten Beine dieses Gelenk in viel grösserem Umfange, im Umfange eines Halbkreises, bald in positiver, bald in negativer Excursionsrichtung zu benützen und bald mit bald gegen die Excursionsrichtung des Femorotibial- und der Tarsalgelenke zu verwenden. Die Contouren des Verkehrsterrains lassen sich, wie die beistehende Figur zeigt, so wie früher bezeichnen, nur hat die äusserste Verkehrscurve eine eigene Form dadurch angenommen, dass wegen der grossen Excursionsgrösse des Basalgelenkes mehr als die Hälfte von ihr ein Kreis von demselben Radius ist. In ca^1 ist das im Maximo gebogene Bein mit nach vorne und in ca^2 mit nach hinten gerichteten Oberschenkeln eingestellt gezeichnet. In ca^3 ist auch das Femorotibialgelenk gestreckt; ca gibt die Richtung des ganz gestreckten, nach vorne eingestellten Beines. Das contourirte Bein bezeichnet die Mittelstellung, von der aus dasselbe als Ruder für die Vorbewegung des Thieres wirksam eingreift. Bei allen diesen Formen konnte sämmtlichen Gelenken die Excursion nach gleicher Richtung gegeben werden; die äusserste Verkehrslinie hatte sich desshalb immer nur nach einer Seite, zur Streckung nämlich, mit wachsendem Radius bewegt.



Bei der am häufigsten vorkommenden Form der Beine mit parallel gelagerten Charnieraxen lässt sich aber das möglichst verlängerte, gestreckte Bein nicht so einstellen, dass die Excursionsrichtung aller Gelenke gleich wäre; die B e u g e - E x c u r s i o n e n h a b e n t y p i s c h e i n e e n t g e g e n g e s e t z t e R i c h t u n g. Um aus der Reihe der Insecten nur ein Beispiel dafür anzugeben, am G r a b f u s s e von *Gryllotalpa*; selbst die nur als Stützen des Leibes verwendeten Vorderbeine mancher Säugethiere, wie der Einhufer, deren Schultergelenke ja auch vorzugsweise nur als Ginglymi in Gang gesetzt werden, gehören hieher.

Durch diese Anordnung wird die Contour des Verkehrsterrains geändert. Da eine Reihe der Gelenke nach dieser, eine andere nach der entgegengesetzten Richtung zur Beugung excurrirt, so wird die äusserste Verkehrslinie beiderseits mit abnehmendem Radius gegen die extremen Lagen des Endpunktes verlaufen. Bei gleichgerichteten Excursionen musste das Bein vorbereitend in mehreren Gelenken etwas eingebogen werden, um den breiten Theil des Excursionsterrains für sein Endglied zu gewinnen; in diesem Falle ist es aber im Maximo der Streckung schon mit seinem Endpunkte am breiten Theil des Excursionsterrains gelagert, und kann ohne vorbereitende Lage- und Formänderung alsogleich die weitesten und verschiedensten Excursionen seinem Endglied geben, weil es durch das Hin und Her der einzelnen Excursionen von Anfang an schon geeignet ist diagonale Verkehrswege mit dem Endgliede einzuschlagen.

Gegengerichtete Excursionen der einzelnen Gelenke gestalten daher die Bewegungsverhältnisse eines Beines günstiger, wesshalb auch selbst am Schwimmbeine der Ditisciden der gestreckte Schenkel im Schenkelgelenke nicht extrem eingestellt wird, sondern nur so, dass noch Spielraum auch für die, den Excursionen des Femorotibialgelenkes und der Tarsalgelenke gegengerichtete Excursion bleibt; wodurch das Bein in grossem Umfange diagonale Verkehrslinien mit dem Endgliede einschlagen kann.

Grosse Excursionsfähigkeit, namentlich des Basalgelenkes, gestaltet daher ebenfalls die sonst gleichen Bewegungsverhältnisse eines Beines günstiger.

In keinem dieser Fälle aber kann das Endglied den centralen Theil selbst des grössten kreisförmigen Excursionsterrains erreichen, welches das Endglied durch die Excursion eines Gelenkes umschreibt.

Unter allen bisher besprochenen Verhältnissen werden die Excursionsterrains der Beine rechts die der Beine links decken, also congruent sein, und entweder parallel eingestellt sein, oder wenn sie in eine Ebene zu liegen kommen, wie nahezu an den Schwimmbeinen der Käfer mit ihren Contouren symmetrisch sich lagern.

Wenn in der Combination, wie sie am Abdomen der langschwänzigen Krebse vorkommt, also bei ziemlich gleicher Excursionsgrösse, gleicher Excursionsrichtung und ziemlich gleichem Abstande der Axen der Charniere in der Situation der Axen die Veränderung vorgenommen wird, dass sie sich überkreuzen, ohne aber ihre parallele Lagerung zum Horizonte zu ändern, so wird der Endpunkt eines Beines, wohl auch eine Art Abwicklungslinie, mit wachsendem Radius zur Streckform (Lage) beschreiben, wenn die einzelnen Excursionen fortschreitend gegen das Endglied vorgenommen werden, aber die Curve wird keine ebene, sondern eine räumliche Curve sein.

Die entsprechenden Axenenden mit einander verbunden, werden je nach den Überkreuzungswinkeln im Verhältniss zu den Abständen der Axen in einer mehr weniger regelmässigen Schraubenlinie liegen, die Excursionsebenen werden sich (die gleiche Excursionsrichtung vorausgesetzt) zu einer Wendelfläche vereinigen, die zusammengebogenen Glieder schraubenförmig anordnen und die äusserste Verkehrslinie des Endgliedes wird eine im Trichter schraubig gewundene Abwicklungslinie sein. Das beherrschte Terrain ist daher ebenfalls ein räumliches.

Dieser Verkehrsraum (Verkehrskörper) des Endgliedes wird natürlich für rechts und links und auch bei topisch verwendeter Anordnung der Axen für vorne und hinten symmetrisch gestaltet sein. Er erlaubt dem Endgliede nach vorbereitender halber Beugung des Beines mittelst des diagonalen Verkehres und der gegengerichteten Excursionen in jeder Richtung und Ebene die gerade Linie einzuschlagen und selbst Kreise und Kugeln von solchen Radien zu umgehen, welche sich in den Verkehrsraum einzeichnen lassen. Man kann also in diesem Falle schon von freier Bewegung sprechen, doch ist der Raum der freien Bewegung verglichen mit dem Raume jener Kugel, die das ganze Bein als Radius beschreiben würde, ein kleinerer, die äussersten Verkehrslinien fallen immer innerhalb jener, die als Kreise von Radien, gleich der Beinlänge, beschrieben werden; und die innerste Verkehrslinie ist immer in einem gewissen Abstande vom Basalgelenke des Beines, grenzt daher einen centralen Raum ab, in den das Endglied nie eindringen kann. Es wiederholen sich hier dieselben Verhältnisse, nur im Raume, die früher bei parallelen Axen in der Ebene gegeben waren.

Bekommen nun auch die Axen eine Neigung gegen den Horizont, ist dabei die Excursionsrichtung aus der Strecklage schon nach beiden Seiten durch einzelne Gelenke gegeben, dabei auch noch die wendelförmige Anordnung der Axen in einem Theile links-, im anderen Theile des Beines rechtswendig, also schon am gestreckten Beine eine Umkehr der Axensituation und der Excursion vorhanden, so ist, wie früher in der Ebene, hier im Raume eine einleitende Beugung des Beines nicht nothwendig, um in dem abgegrenzten Verkehrsraume jeden diagonalen Verkehrsweg einzuschlagen. Durch die positive und negative Excursion, dann die positive und negative Windung der Axenwendel ist die gerade Linie und der ebene Kreis in jeder Richtung und jedem Niveau und damit auch jede continuirliche Linear-Complexion für das Endglied zugänglich, so weit sie nicht durch die Grenzen des Verkehrsraumes beschränkt werden. Selbst die Bewegung, welche die Anatomen Rotation nennen, ist manchmal rein ausführbar, da bei schief gestellten Axen, wenn das Bein mit seinen Gliedern schraubig sich zusammen legt, die Axen sich in der Längsrichung leichter einstellen können, um welche die Glieder sich schraubig angeordnet haben. Vollkommen frei wird aber die Bewegung doch noch nicht genannt werden können, nachdem sie nicht den ganzen Raum beherrscht, der der Beinlänge entspricht, d. h. der Verkehrskörper füllt nicht vollkommen den Kugelraum aus, dessen Radius die Gesammtlänge des Beines ist.

Bei positiver und negativer Excursion, positiver und negativer Windung der Axen wird die Beweglichkeit eines Beines noch vergrössert durch grössere Zahl der Gelenke (kurze Glieder) und dadurch, dass die Axenlagerungen möglichst vielen Raumrichtungen entsprechen.

Als Beispiel dieser Gelenkscombination kann das Scherenbein von *Astacus* und *Hommarus* dienen.

Markirt man mit Nadeln die Axen der einzelnen Gelenke, so findet man, dass sie bei verschiedenen Abständen räumlich gegen einander geneigt sind, und wenn man mit Rücksicht auf den gewundenen Verlauf der Flächen des Beines die einander entsprechenden Axenenden durch einen Faden verbindet, dass diese in einer, wie es scheint regelmässigen Schraubenlinie liegen, welche, nachdem sie eine beinahe ganze Windung gemacht, zwischen *P 4* und *P 5* in die entgegengesetzte Richtung ablenkt. Am linken, Fig. 9 abgebildeten Beine läuft sie über die vier ersten Axen linkswendig, von da an zur fünften rechtswendig. Die Glieder

P 3 und *P 4* sind länger als *P 1*, dagegen ist der Winkel, unter welchem die Axen des dritten und vierten Gelenkes gegen die vorhergehenden gedreht sind, auch viel grösser als der Winkel, unter dem die zweite Axe gegen die Axe des Basalgelenkes gestellt ist. Wie im Gelenke *P 4* und *P 5* die Schraube sich wendet, so hat auch dieses Gelenk eine dem Gelenke *P 1 — P 3* schon am gestreckten Beine gegengerichtete Excursion. Dem gegenwendigen Verlaufe der Schraube und der gegengerichteten Excursion verdankt das Bein die Freiheit in allen diagonalen Richtungen sein Endglied zu bewegen.

Das gebogene Bein legt seine Glieder in zwei Schraubenwindungen zusammen; von der Basis gehen die Glieder nach aussen hinten und aufwärts, mit dem Gliede *P 5* biegen sie dann wieder gegen den Mund nach innen, vorne und unten ab. Das möglichst gestreckte Bein ist im Horizonte nach vorne, parallel der Symmetrieebene, gestellt. Wird das eingebogene Bein durch Bewegungen, die vom Endgelenke zum Basalgelenke fortschreiten, entfaltet, so beschreibt das Endglied einen Weg im Raume, der mit immer grösser werdendem Radius anfangs z. B. am rechten Beine linkswendig ansteigt, dann in einer schiefen Wendung umkehrend die Ascension linkswendig fortsetzt.

Das Thier horizontal befestigt, lässt mit seinem Beine in den extremsten Verkehrslinien über dem Horizonte bis zur Symmetrie-Ebene des Leibes für das Endglied einen Verkehrskörper umschreiben von tetraëdrischer Gestalt, dessen Basis der Horizont ist. Die innere Seite der Basis wird durch eine gerade Verkehrslinie erzeugt, in welcher das Endglied aus der extremen Beugung vom Munde gerade aus zur grössten Extensionslage des Beines geführt wird; die vordere Seite der Basis beschreibt das Endglied, wenn das Bein aus dieser gestreckten Lage bei abnehmendem Radius gerade nach aussen geführt wird, und die hintere Seite ist der Weg des Endgliedes, den es beschreibt, wenn das Bein aus dieser Lage, bereits etwas verkürzt, zur grössten Beugung direct gegen den Mund wieder zurückkehrt. Das Bein, die Schere möglichst nach hinten gehoben, ist bereits gegen die horizontale Strecklage etwas verkürzt, weil es sich über den hinten schon breiteren Cephalothorax quer herüber legen muss; es wird daher aus dieser Lage, aus der oberen Ecke des Tetraëders, in den vorderen Winkel der Basis mit etwas wachsendem Radius in einer auch einwärts concaven, also räumlich gebogenen Curve mit dem Endgliede einfallen; die hintere Ecke, gegen den Mund, wird das Endglied mit abnehmendem Radius erreichen. Die Bewegung aber, welche das Endglied zur äusseren Ecke der Basis führt, lässt die Länge des Beines ziemlich ungeändert.

Dieser so abgegrenzte Raum ist für das Endglied in jedem Punkte zugänglich, und so weit Kugeln vom grösseren und kleineren Radius sich in den Raum einzeichnen lassen, sind auch diese mit dem Ende der Schere in jeder sphärischen Curve zu umgehen.

Schlägt man zu diesen Raum noch den, welchen das Bein unter den Horizont und über die Leibesmitte herüber erreichen kann, so ergibt sich, dass die Bewegungen des Scherengliedes in grossem Umfange frei, d. h. nach allen Dimensionen des Raumes ausführbar sind; da aber der Verkehrsraum die Kugel nicht vollkommen ausfüllt, welche mit der Länge des gestreckten Beines als Radius beschrieben werden kann, so ist diese Beweglichkeit dennoch nicht vollkommen frei. Die äusserste Verkehrsfläche, vordere Fläche des Tetraëders, deren Seiten das möglichst gestreckte Bein construirt, ist einer Kugelfläche dieses Radius schon ziemlich nahe, weil die Unterschiede in der Länge des gestreckten Beines, wie es im vorderen und äusseren Winkel der Basis und in der Spitze, oberen Ecke des Tetraëders, sich

einstellt, nicht mehr gross sind, das Centrum aber derselben, das Basalglied ist für die Schere ganz unerreichbar. Der Grund, warum die äussersten Verkehrslinien des gestreckten Scherenbeines keine Kreise und die äusserste Verkehrsfläche keine Kugelfläche ist, liegt darin, dass die einzelnen Curventheilchen, wie sie durch die Excursionen in mehreren Gelenken zu Stande kommen, verschiedene Radien haben; und dieses Verhältniss wird in so lange bestehen, als die Axen der einzelnen Gelenke, namentlich der basalen Gelenke in Abständen angebracht sind. Die äussersten Verkehrslinien des Krebsenbeines nähern sich desshalb schon Kreisen, weil das Coxopoditeglied nur klein ist, die beiden ersten Axen also einander sehr nahe gerückt sind und das Gelenk *P 1* — *P 3* weiters noch durch eine grosse Excursion, sie beträgt mehr als einen rechten Winkel, sich auszeichnet. Der Excursionsbogen, den also das möglichst gestreckte Bein ausführt, ist daher zum grössten Theil schon ein Kreis, und der Radius des noch sich anreihenden zweiten kleinen Bogenstückes ist von dem des ersteren Kreises nur wenig verschieden.

Die freie Beweglichkeit, die die Beine vieler Arthrozoen auszeichnet, verdanken sie eben dem Umstande, dass ein oder zwei Basalglieder klein sind, und dadurch die Axen möglichst nahe rücken. Bei Krebsen ist durchgehends das Coxopodite und Basipodite klein, letzteres oft nur ein kleiner Keil, so dass, wie am Scherenbein von *Astacus* und *Hommarus*, das *P1* gleich mit *P3* articulirt. Die Coxa bei vielen Orthopteren (z. B. den Schrecken) und bei Neuropteren ist ebenfalls klein und bringt dadurch die Axen der Charniere des Coxa- und Schenkelgelenkes einander nahe. Bei den sogenannten zapfenförmigen Coxen, wie sie auch häufig bei den Hymenopteren, selbst bei Käfern vorkommen, sind diese Axen wieder in grösseren Abständen von einander angebracht.

Es bleibt nur noch der Fall zu besprechen, in dem die äussersten Verkehrslinien des gestreckten Beines wirklich zu Kreisen werden und die äusserste Verkehrsfläche zu einem Segmente der Kugelfläche wird. Diese Grundbedingung des vollkommen freien Verkehrs wird zunächst dadurch erzielt, dass die Abstände der Charnieraxen an der Basis des Beines gänzlich schwinden, die Axen in eine Ebene fallen, sich daher nicht mehr überkreuzen, sondern wirklich durchkreuzen.

Bei der gegebenen Anordnungsweise und dem Baue der Glieder ist es wohl kaum möglich, dass mehr als zwei Axen zusammenfallen; zwei Axen genügen aber auch vollkommen, um dem Gliedende den Verkehr an der Oberfläche einer Kugel vorzuzeichnen, und bei weiterer Gliederung des Beines mit dessen Endgliede den ganzen Kugelraum zu beherrschen. Diese Axencombination zeigen die höheren Käferformen an der Wurzel der Beine, namentlich der beiden ersten; unter den Hymenopteren fand ich sie auch am zweiten Fusspaare der Bienengattungen.

Der Gelenksapparat selbst, die Weise, in welcher die beiden Glieder, die Coxa und das Femur zusammengefügt sind, wurde oben bereits beschrieben; es sind daher nur die Bewegungsverhältnisse dieser Beine speciell zu besprechen. Strauss-Durkheim (l. c. pag. 87) bemerkt, dass der Schenkel bei Käfern, deren Coxa und Femuraxe sich sehr nähern und rechtwinklig kreuzen, im Kreise herumgeführt werden können *(peut exécuter un mouvement en circumduction)*, beinahe so vollkommen, als ob die Bewegung mittelst eines Gelenkkopfes ausgeführt würde.

Die Axe der Coxa horizontal und quer angenommen, so steht die rechtwinklig mit ihr sich kreuzende Axe des Schenkelgelenkes bei angezogenem Beine senkrecht auf dem Horizont. Letztere kann um die Coxaaxe eine Excursion von 90° machen, so dass die Excursionsebene des Femur bald horizontal, bald vertical eingestellt werden kann. Die Excursionsgrösse des Femur ist verschieden, je nachdem die Schenkelaxe gestellt ist; sie beträgt bis 135° im Horizonte, wenn die Schenkelaxe vertical steht, wird aber die Axe durch Drehung der Coxa horizontal und die Excursionsebene des Schenkels vertical gelagert, so beträgt sie nur noch 90°, weil die Leibesfläche die noch fehlende Excursion von 45° nicht auszuführen gestattet.

Berücksichtigt man zunächst nur das Femur und die gestreckte Tibia und denkt sich beide Gelenke im vollen Kreisumfange excursionsfähig, so wird der Endpunkt der Tibia in alle Punkte einer Kugelfläche gebracht werden können, deren Radius gleich ist der Länge des Femur und der Tibia. Die Axe des Femorotibialgelenkes steht parallel zur Axe des Schenkelgelenkes; die Excursion ist nicht ganz 180°, der Excursionswinkel sieht der Medianebene des Leibes zu. Tibia und Femur sind von gleicher Länge, der Abstand nämlich der Axe des Schenkelgelenkes von der Axe des Femorotibialgelenkes und dieser vom Tibiaende sind gleich. Denkt man sich ferner die Excursion im Femorotibialgelenke auch im vollen Umfange ausführbar, diesen Excursionskreis des Tibiaendes, dessen Durchmesser also gleich ist dem Radius der Kugelfläche, die das Tibialende beherrscht, einmal um die vertical eingestellte Axe des Schenkelgelenkes, dann die so gewonnene Kreisfläche, deren Radius die Beinlänge ist, um die Coxalaxe rotirt, so wird man finden, dass der ganze Binnenraum der Verkehrskugel vollkommen von dem Tibiaende beherrscht wird, dass dieses nämlich in alle Punkte des Kugelraumes verlegt werden kann. Der Excursionskreis der Tibia kann überhaupt in drei vertical auf einander gestellten Bewegungsebenen rotirt werden; einmal in der sagittalen Excursionsebene des Coxagelenkes, dessen Axe unveränderlich zum Leibe des Thieres eingestellt ist, dann je nach der Einstellung der Axe in einer horizontalen und frontalen Excursionsebene des Schenkelgelenkes.

Ein Modell dieser Gelenkscombination lässt sich mittelst zweier concentrischer, mit einander beweglich verbundener Ringe und eines damit fest verbundenen Charnieres leicht herstellen und so die Bewegung des Beines controliren.

Wenn der Excursionsumfang der Basalgelenke keine ganze Kugelfläche mit dem gestreckten Beine beschreiben lässt, so wird eine Excursion des Femorotibialgelenkes auch ausserhalb dieses Kugelsegmentes möglich sein, ohne aber die Grenzen der ergänzt gedachten Verkehrskugel zu überschreiten oder zu erfüllen. Die äusserste Verkehrslinie wird daher aus zwei, oder wenn das Bein noch mehrere Glieder hat, aus mehreren Kreissegmenten sich zusammensetzen, deren Radien immer kleiner werden, und so eine Art Abwicklungslinie ergeben. Ist die Excursion des Femorotibialgelenkes nur einseitig, so wird an der Streckseite des Kugelsegmentes so viel für das Tibialende unzugänglich sein, als der Verkehrsraum an der Beugeseite darüber hinausreicht.

Der Verkehrsraum der Käferbeine, die Excursion beider Gelenke auf 90 Grad angenommen, wird zu einem Kugel-Octanten, dessen Kugelfläche an den Vorderbeinen nach vorne und aussen, an den beiden Hinterbeinen nach hinten und innen sieht, der Anhangsraum der Tibialexcursion sieht in beiden Fällen nach innen. Alle Beine können mit der Tibia über die Symmetrieebene des Leibes herübergreifen; aber den, an den Hinterbeinen nach vorne sehenden Raum dieser Octanten nicht erreichen, welcher durch eine halbe Kugelfläche

begrenzt wird, deren Centrum das am meisten nach vorne eingestellte Femorotibialgelenk ist. Das zweite Bein könnte z. B. mit dem Tibiaende nie das Basalgelenk der Coxa erreichen. wenn die Excursion desselben 180 Grad betragen würde, aber die Ecke der Elytra und die ganze vordere Ecke der Mittelbrust ist für das Tibialende ganz unzugänglich.

Der Vortheil dieses Gelenksapparates des Zusammenfallens und Durchkreuzens der Axen an der Basis bei gleicher Länge der zwei ersten Glieder des Beines liegt offenbar darin, dass es schon dem zweiten die Beinlänge bestimmenden Gliede möglich ist allseitig, d. h. räumlich frei zu verkehren, während dies anderseitig erst durch weitere Gliederung des Beines möglich ist.

Vom Einflusse der Schrauben kann hier füglich abgesehen werden, da sie gegenläufig sind und ihren Effect gegenseitig tilgen.

Das freie Kugelgelenk der Wirbelthiere ist in diesem Gelenksapparat gleichsam aufgelöst, man kann wegen der veränderlichen Lagerung der einen Axe sagen, in drei Gelenke mit senkrecht auf einander stehenden, sich durchkreuzenden Axen.

Ähnliche Auflösungen von Kugelgelenken kommen bei Wirbelthieren auch vor; so wird z. B. beim Menschen die freie Beweglichkeit des Kopfes vertheilt auf die beiden Gelenke zwischen Hinterkopf, Atlas und Epistropheus. Beide Axen durchkreuzen sich hier. Die freien Bewegungen der Hand und des Fusses sind auch durch eine Trennung der schematischen Gelenkseinheit bedingt, doch kömmt es, wie es scheint, auch an der Hand nicht zur Durchkreuzung der Axen, sondern nur zur Überkreuzung derselben.

Durch diese Gelenkscombination haben die Beine der Insecten Beweglichkeit und Formen gewonnen, wie sie den höheren Wirbelthieren zukommen, obwohl sie morphologisch mit den Beinen der übrigen Arthrozoen vollkommen übereinstimmen.

Die volle Bedeutung der Gelenkscombinationen macht sich bei den Arthrozoen um so entschiedener bemerkbar, als bei der grossen Reihe dieser so sehr formverwandten Thiere, trotz den verschiedensten Leistungen ihrer Beine, diese mit den einfachsten Gelenksvorrichtungen ausgeführt werden.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Figur 1. Gelenk des Scherenbeines von *Maja Squinado* zwischen *P 4* und *P 5*. Mit * ist auf den axialen Zapfen des *P 5* hingewiesen, der rollenartig in einer Pfanne des *P 4* gleitet. Von der Streckseite.

Figur 2. Die Theile *P 4* und *P 5* desselben Gelenkes getrennt, von der Beugeseite. Mit *a a'* und *b b'* sind die entsprechenden Axenenden bezeichnet.

Figur 3. Die Theile des Gelenkes zwischen *P 5* und *P 6* desselben Thieres.

Figur 4. Theile desselben Gelenkes vom Hummer, Ansicht von innen.

Figur 5. Dieselben von aussen. Mit *a* und *a'* ist die Beugeseite, mit *b* und *b'* die Streckseite bezeichnet.

Figur 6. Durchschnitt der Schere vom Hummer.

Figur 7. Linker Kiefer vom Hummer.

Figur 8. Thorax-Skelet vom Hummer, *T 2*, *T 3*, *T 4* die drei Segmente; 1, 2, 3 Axenrichtungen der ersten drei Beine.

Figur 9. Linker Scherenfuss eines Flusskrebses. *P 1 — 7* die einzelnen Glieder derselben:

P 1. Coxopodite, *P 4.* Méropodite, *P 6.* Propodite,
P 2. Basipodite, *P 5.* Carpopodite, *P 7.* Dactylopodite.
P 3. Ischiopodite,

Mit Nadeln sind die Richtungen der Charnieraxen bezeichnet, ihre Enden durch eine linksläufige Schraubenlinie verbunden.

Figur 10. Theile des Femorotibialgelenkes von *Megalosoma Typhon*. *A* das Femur, *B* die Tibia, *a a'* die Beugeseite, *b b'* die Streckseite.
Figur 11. Dasselbe Gelenk von *Phanaeus ensifer*. Bezeichnung dieselbe.
Figur 12. Dasselbe Gelenk von *Calandra palmarum*.
Figur 13. oberes; Figur 14 und Figur 14½ unteres Kiefergelenk von einem männlichen *Lucanus cervus*. *A* die Kopfplatte, *B* der Kiefer, *a a'* die Mundseite.
Figur 15. Rechte Coxa des ersten Beinpaares von *Megalosoma Typhon*. Ansicht von oben. *a, i, o, u* bezeichnen die Richtung im Raume. *a i* die Drehungsaxe der Coxa, *o u* die Drehungsaxe des Schenkels.
Figur 15½. Ihr Schraubenschema.
Figur 16. Dieselbe Coxa von unten.
Figur 17. Dieselbe Coxa mit dem zugehörigen Femur. *a a'*, *b b'* die entsprechenden Axenenden.
Figur 18. Die Gelenksenden beider. *A* die Coxa, *B* das Femur.
Figur 18½. Schraubenschema des Schenkelgelenkes.
Figur 19. Zweite rechte Hüfte desselben Thieres. Ansicht von unten. *a'* die äussere Fläche derselben.
Figur 20. Dieselbe Hüfte von oben.
Figur 21. *A* Meso- und Metathorax der linken Seite desselben Thieres, *B* dritte Hüfte und Schenkel.
Figur 22. Erste linke Coxa und Schenkel von *Calandra palmarum*, in der Ansicht von oben.
Figur 23. Dritte linke Coxa und Schenkel von *Calandra palmarum*.
Figur 24. Kiel des Prothorax mit dem Coxa-Pfannen von *Procrustes coriaceus*.
Figur 25. Rechte erste Coxa von *Procrustes*.
Figur 26. Linke zweite Coxa von *Buprestis grandis*.
Figur 27. *A* linke erste Coxa und Femur, *B* der Trochantinus von *Hydrophilus piceus*. *a a'*, *b b'* die Verbindungsstellen beider.
Figur 28. Schema ihrer Verbindung.
Figur 29. Rechte Meso- und Metathoraxhälfte mit dem zweiten Beine von *Hydrophilus piceus*. * Der Trochantinus.
Figur 30. *A* Coxa in der Ansicht des Schenkelgelenkes, *B* Schenkel vom rechten dritten Beine von *Phanaeus ensifer*.
x axialer Fortsatz des Trochanter.
y Schraubenleiste in der Femoralöffnung der Coxa, eingefügt in die Halseinschnürung des Femur.
* Ausschnitt der Coxa, in welchem
w die Windung des Trochanter lauft.
m 1 Ansatz des Streckmuskels vom Schenkel,
m 2 Ansatz des Beugers.
Figur 31. Dasselbe Gelenk von oben. *x* und *m 1* wie früher.
Figur 32. Der Trochanter desselben Gelenkes noch stärker vergrössert. *m*, *w*, *x* wie früher.
Figur 33. Gelenkstück, Trochanter, des rechten dritten Beines von *Cybister Roeselii*, *o u* die verticale Axe desselben, *m i* Strecker.
Figur 34. Dasselbe von *Hydrophilus piceus*.
Figur 35. Dasselbe von unten.
Figur 36. Theile des rechten dritten Schenkelgelenkes von *Buprestis grandis*. *A* die Coxa. *B* der Schenkel.
Figur 37. Theile des linken dritten Schenkelgelenkes von *Procrustes coriaceus*.
Figur 38. Intertarsalgelenkstheile von *Megalosoma Typhon*. *A* centrales, *B* peripherisches Glied.
Figur 39. Coxaltheil des zweiten und dritten Beines der linken Seite von *Bombus*.
Figur 40. Linkes erstes Bein von *Xylocopa violacea*.
Figur 41. Femorotibialgelenk von *Locusta*. *A* Femur, *B* Tibia, *a* die Beugeseite.
Figur 42. Rechter Grabfuss von *Gryllotalpa*.
Figur 43. *A* desselben Coxa, *B* Schenkel.
Figur 44. Abdomen des Flusskrebses gebogen. *A B* die Richtungslinie der Streckform, 1—6 seine Glieder, *E* und *C* die Contouren des Verkehrsterrains für das Flossenglied.

Die meisten Figuren, die Gelenkstheile der Insecten darstellend, sind vergrössert.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

...mann del. Dr Elfinger ad lap. del.





Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 14½.
Fig 15½
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig 18½
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.




Fig. 27.
B
a'
a
A
b'
b
Fig. 28.
Fig. 32.
w
m
x
Fig. 29.
*
Fig. 30.
A
c
y
i
a
Fig. 31.
m1
x
Fig. 33.
m1
u
o
m1
x
m2
w
B
Fig. 34.
u
o
Fig. 35.
Fig. 36.
A
B
Fig. 37
B
A
Fig. 38.
B
A
Fig. 41.
A
a
B
a
Fig. 42.
Fig. 44
A
1
2
3
4
5
6
B
C
E
Fig. 39.
Fig. 40.
A
Fig. 43
B





